МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

СМиС-2025
ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Материалы
Международной научно-технической конференции

(Россия, Москва, 21–24 мая 2025 г.)

SMaC 2025
QUALITY MANAGEMENT TECHNOLOGY

Proceedings
of the International Scientific and Technical Conference

(Russia, Moscow, May 21–24, 2025)

Составители: А.П. Адылина, Д.А. Клочкова

Текстовое электронное издание

Москва
2025

Об издании 1, 2

УДК 658.5(082)
ББК 30.607
С50

Рецензенты:
Г.И. Грозовский, д.т.н., профессор, заместитель генерального директора по научной работе АО «НТЦ «Промышленная безопасность»;
Р.З. Хайруллин, д.ф.-м.н., с.н.с., в.н.с. ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

С50 СМиС-2025. Технологии управления качеством = SMaC 2025. Quality Management Technologies: материалы Международной научно-технической конференции (Россия, Москва, 21–24 мая 2025 г.) = Proceedings of the International Scientific and Technical Conference (Russia, Moscow, May 21–24, 2025) / сост.: А.П. Адылина, Д.А. Клочкова. – Москва: Московский Политех, 2025. – 1 CD-R. – Загл. с титул. экрана. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-2760-2934-4.

Материалы конференции содержат статьи, в которых рассмотрены современные вопросы науки, техники, образования и практики применения результатов научных исследований в области качества.

Сборник предназначен для широкого круга читателей, интересующихся научными исследованиями и разработками, научных и педагогических работников, преподавателей, докторантов, аспирантов, студентов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

УДК 658.5(082)
ББК 30.607

Статьи публикуются в авторской редакции.
Ответственность за точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы.
При перепечатке материалов ссылка на настоящий сборник обязательна.

Системные требования: PC-совместимый процессор 1,3 ГГц и выше.
Оперативная память (RAM): 256 Мб. Необходимо на винчестере: 350 Мб.
Операционные системы: Windows, Mac OS. Видеосистема: разрешение экрана 1024x768.
Дополнительные программные средства: Adobe Acrobat Reader 9 и выше.

ISBN 978-5-2760-2934-4 © Московский Политех, 2025

Содержание

Введение 17

Секция 1. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ 18

Ершов Д.С., Малахов А.В.
МОДЕЛЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ 18

Головко А.И., Савостикова О.Г.
ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ: ПРЕИМУЩЕСТВА И ВЫЗОВЫ 21

Малахов А.В., Минагуреев Н.А.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ 25

Рахимова С.Б., Алексашина О.В.
ИННОВАЦИОННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СЫРЬЯ 30

Авдеева М.Н., Петухов С.Л.
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОНТАЖА SMD-КОМПОНЕНТОВ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БРАКА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ... 33

Бокарева А.Д., Адылина А.П.
ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО УЧЕТА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ 36

Хазов В.В.
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ 40

Огородникова Д.Р., Адылина А.П.
ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОЦЕССЕ ДЕКЛАРИРОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ 44

Филатикова М.Е., Адылина А.П.
РАЗРАБОТКА СТАНДАРТОВ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА 48

Чухнёв Н.Ю., Ершов Д.С.
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПОИСКА ИНФОРМАЦИИ 51

Макурин А.Д., Ершов Д.С.
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОИСКА СВЕДЕНИЙ ОБ АККРЕДИТОВАННЫХ ЛИЦАХ НА ПРАВО ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ 54

Егоров В.В., Рябова А.В.Р., Зайцева К.Е., Груков Т.А.
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ АВТОНОМНАЯ СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА 58

Чернявский А.О.
СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ НАПРАВЛЕНИЯ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ» С УЧЕТОМ ВЫЗОВОВ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 62

Артёмова М.А., Гончарова И.В., Егоров В.В.
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМФОРТА ДЛЯ ЧАСТНЫХ ДОМОВ 65

Крылова А.И., Паутова Л.И., Ромашкина И.О.
ПАРАМЕТРЫ КАЧЕСТВА В ГЕММОЛОГИИ 68

Клочков А.Я., Клочкова Д.А., Клочков Я.М., Юдаев С.Н.
НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ФОТОЕМКОСТНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ
ЭЛЕКТРОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИКИ 71

Иванушкин Д.А., Алексашина О.В.
АНАЛИЗ МЕТОДОВ КАЛИБРОВКИ ВЕКТОРНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ ЦЕПЕЙ 76

Тараскина П.А., Алексашина О.В.
МЕТОДЫ КАЛИБРОВКИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ 82

Секция 2. МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ 86

Джаманбалин Б.К., Джаманбалин К.К.
НАНОТЕХНОЛОГИИ И АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ
ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ
КАЗАХСТАНА 86

Сушков В.С., Сперанский С.К., Никитин А.В.
МОДЕЛЬ ОТОБРАЖЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ 90

Шварц И.В., Гильмутдинов А.Х.
ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА СВОЙСТВА
ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРАДИЕНТНОГО ОБРАЗЦА В ПРОЦЕССЕ
ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ 95

Антипин Я.А., Овчинников В.В.
ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА В-1341 100

Дикиджи О.О., Овчинников В.В.
НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
ИЗ НЕСМЕШИВАЮЩИХСЯ КОМПОНЕНТОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ Fe–Cu 104

Дмитрашко П.С., Овчинников В.В.
ТОЧЕЧНАЯ СВАРКА ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ ТОНКИХ ЛИСТОВ
ИЗ СПЛАВА В1341Т1 ПРИМЕНИТЕЛЬНО К НАВЕСНЫМ ДЕТАЛЯМ
КУЗОВА АВТОМОБИЛЯ 110

Смирнов В.А., Овчинников В.В.
ФРИКЦИОННАЯ ОБРАБОТКА КАК МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ Al–Pb 115

Быкова А.Е., Овчинников В.В.
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЛИТЕЙНЫХ
АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ СВАРКОЙ ТРЕНИЕМ
С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ 120

Резцов Р.Б., Овчинников В.В.
СВОЙСТВА СТЫКОВЫХ СТП СОЕДИНЕНИЙ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ
6082Т6 И 1565чМ В РАЗНОИМЕННОМ СОЧЕТАНИИ 126

Назарова Е.А.
КАМЕРЫ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ 131

Гаврилов Д.А., Карцев С.В.
АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ
ТРУБОВАЛА ДИФФУЗИОННОГО АППАРАТА НАКЛОННОГО ТИПА
СВЕКЛОСАХЛОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА 134

Харитонов Д.А.
АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ВАРИАНТ УВЕЛИЧЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ЗАПАСА ХОДА ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ 138

Адищев П.Г.
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ХЛАДОСТОЙКОСТИ СТАЛИ 141

Чуликова Ж.Е., Овчинников В.В.
ХАРАКТЕРИСТИКИ УПРОЧНЕННОЙ СТАЛИ 08Х18Н10Т В УСЛОВИЯХ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ 144

Володин К.Е., Овчинников В.В.
ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ОКСИДНОЙ ПЛЕНКИ НА СПЛАВЕ 1565ч ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ОЧИСТКИ 148

Клочков Я.М., Овчинников В.В.
ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ НА МИКРОСТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЛАВА Al–Ca–Zn–Mg 153

Проценко Е.О., Овчинников В.В.
СВАРКА ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ ЗАГОТОВОК СПЛАВА СИСТЕМЫ Al–Ca–Zn–Mg В ЛИТОМ И ДЕФОРМИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ 158

Растопчин Р.Н., Овчинников В.В.
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАРНОЙ ЦИСТЕРНЫ БЕНЗОВОЗА ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1565чМ 163

Смирнов С.В., Овчинников В.В.
ТЕХНОЛОГИЯ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ ДВУХСТОРОННЕГО КРЕПЕЖА ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ 169

Чуликова Ж.Е., Овчинников В.В.
ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ 08Х18Н10Т 175

Киселев В.Е., Смирнов С.В., Овчинников В.В.
ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА НАХЛЕСТОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТОНКИХ ЛИСТОВ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ 180

Кононыхин И.Ю.
ВЛИЯНИЕ ПРЕДНАГРЕВА ПЛАТФОРМЫ ПОСТРОЕНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ, НАПЕЧАТАННЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ SLM 184

Панас П.А., Овчинников В.В.
ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ НА ПОРИСТОСТЬ СВАРНЫХ ШВОВ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al–Mg 191

Соловьев И.С., Овчинников В.В.
К ВОПРОСУ О ТЕРМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ ЗОНЫ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ШВОВ СТП СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al–Mg 196

Левина Т.А., Клочкова Д.А., Клочков Я.М.
СТАНДАРТИЗАЦИЯ В МЕТАЛЛУРГИИ 200

Бабуев М.А., Овчинников В.В.
МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ ПРЕССОВАННОЙ МИШЕНИ Cu–M_o 207

Велем Р.А., Овчинников В.В.
СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДУАКМ НА ОСНОВЕ СПЛАВА Д16 С ДЕФОРМИРУЕМЫМ АЛЮМИНИЕВЫМ СПЛАВОМ СИСТЕМЫ Al–Cu–Mg 213

Жданович О.А., Овчинников В.В.
ЭФФЕКТ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ6
ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ИОННОМ И ЛАЗЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ 220

Ливитин В.Р., Овчинников В.В.
СТРУКТУРА СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЛИСТОВ НОВОГО АЛЮМИНИЕВОГО
СПЛАВА, ЛЕГИРОВАННОГО КАЛЬЦИЕМ, ПРИ СТП 225

Олефиренко Н.А., Овчинников В.В.
ПОВЫШЕНИЕ СВОЙСТВ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ СТАЛИ 45
ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ 231

Слезко М.Ю., Овчинников В.В.
ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ГАЗОВОЙ СМЕСИ НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ПЛЕНОК, ПОЛУЧЕННЫХ МАГНЕТРОННЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ
МОЗАИЧНОЙ МИШЕНИ Ti–Al 236

Секция 3. ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА..... 243

Егоренков С.В., Парфеньева И.Е.
ПРИМЕНЕНИЕ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ:
МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ
РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ 243

Акдодов И.Ё., Вячеславова О.Ф.
ИННОВАЦИОННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ
КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ 246

Жмайло М.А.
МЕТОД КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ
АДДИТИВНЫХ ЭНДОПРОТЕЗОВ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА
НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ИСПЫТАНИЙ 250

Зубарев А.С.
О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ БЕРЕЖЛИВОСТИ
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ НАСТРОЕЧНЫХ ОБРАЗЦОВ
ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ 254

Кабанова С.М.
ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА: ПРИМЕНЕНИЕ
ГИБРИДНОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ
КАЧЕСТВОМ С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ВЕРИФИКАЦИЕЙ 263

Каюкова П.Н., Парфеньева И.Е.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИСПЫТАНИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
В ЦЕЛЯХ ОДОБРЕНИЯ ТИПА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА В СООТВЕТСТВИИ
С ТЕХНИЧЕСКИМ РЕГЛАМЕНТОМ ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА «О БЕЗОПАСНОСТИ
КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ» (ТР ТС 018/2011) 266

Киселев Д.В., Савостикова О.Г.
ВЛИЯНИЕ JUST-IN-TIME НА КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ
В СФЕРЕ УСЛУГ 271

Кушнир И.С., Адылина А.П.
ФАКТОРЫ И РЕШЕНИЯ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ
ДЕТАЛЕЙ 3D-ПЕЧАТИ SLM В ПРОЦЕССЕ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА 276

Литвиненко Н.Ю., Парфеньева И.Е.
ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ОБЪЕКТОВ ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
В НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЛЕСНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ 282

Макаров А.А., Адылина А.П.
ПРОБООТБОР – КЛЮЧЕВОЙ ЭТАП В КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА.
ВИДЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ.....288

Маякина С.Р., Честных А.Р.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЕРТИФИКАЦИИ ТЕХНИКИ,
ВВОЗИМОЙ ИЗ-ЗА ГРАНИЦЫ НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ТЕВ4-80-132 .292

Нестеренко Д.А., Левина Т.А.
АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ
ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА 295

Кучаева Е.А., Адылина А.П.
НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ В ОБЛАСТИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 300

Постникова Е.С., Яроцкая Н.А., Постников А.В.
ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.....302

Даниелян А.Г., Диментштейн А.П., Кнатько Д.М.
КОРПОРАТИВНЫЕ АКСЕЛЕРАТОРЫ В РОССИИ: АДАПТАЦИЯ
МЕЖДУНАРОДНЫХ МОДЕЛЕЙ К ЛОКАЛЬНОМУ КОНТЕКСТУ 307

Архипов П.Ю.
ИНТЕГРАЦИЯ МЕТОДОВ AGILE И SCRUM В ИТЕРАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ.....311

Архипов П.Ю., Левина Т.А., Одиноков С.А.
ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ПРОЕКТАХ СОЗДАНИЯ
ИННОВАЦИОННЫХ ДЕТСКИХ СПОРТИВНО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ
КОМПЛЕКСОВ.....315

Железняк Д.Д., Савостикова О.Г.
РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ
ФИРМЫ THE REASON.....319

Савостикова О.Г., Парфеньева И.Е., Вячеславова О.Ф.
АЛГОРИТМ ВНЕДРЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ 322

Le Van Dam
BENDING ANALYSIS OF SIMPLY SUPPORTED FG-CNTRC CYLINDRICAL SHELL
SUBJECTED TO EXTERNAL PRESSURE 325

Tran Van Chien
FLUTTER OF A 2D SIMPLY SUPPORTED LAMINATED PANEL
IN SUPERSONIC FLOW BY USING HIGH-ORDER SHEAR DEFORMATION
THEORY WITH THE TRANSVERSE NORMAL STRESS EFFECT.....334

Имангулова А.И., Вячеславова О.Ф.
ПРОБЛЕМА НЕСОГЛАСОВАННОСТИ МЕТОДИК ОТБОРА ОБРАЗЦОВ
ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ АНКЕРОУСТАНОВЩИКОВ:
АНАЛИЗ И ПУТИ РЕШЕНИЯ 342

Мааодхах Абдулрахман Ясер Салех, Фролов М.Ю.
ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК ЗА СЧЕТ
ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА ПЕРЕД КОМПРЕССОРОМ В КЛИМАТИЧЕСКИХ
УСЛОВИЯХ СТОЛИЦЫ ЮЖНОЙ АРАВИИ (Г. АДЕН).....347

Исаев Р.А., Хунузиди Е.И.
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В УПРАВЛЕНИИ: СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД
К ВНЕДРЕНИЮ И ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ.....351

Погорелова Г.Н., Честных А.Р.
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ В КОВОРКИНГЕ: РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ 354

Дмитриева Л.В., Бурундукова К.А.
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ LAB-ON-A-CHIP В РАМКАХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПРОБОПОДГОТОВКИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ 357

Постникова Е.С., Яроцкая Н.А.
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА – ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ 361

Селиверстов Д.В., Савостикова О.Г.
5С – ОСНОВА БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА 368

Хлызова П.В., Ларцева Т.А.
ИДЕНТИФИКАЦИЯ КЛЮЧЕВЫХ РИСКОВ НА СТАДИИ ПРОИЗВОДСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ 371

Сафин Т.Р., Ларцева Т.А.
АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА В ЦЕНТРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПИШ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА МОСКОВСКОГО ПОЛИТЕХА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЕГО УЛУЧШЕНИЮ 375

Ермолаева Д.А., Петухов С.Л.
МОДЕРНИЗАЦИЯ СТЕНДА РАЗГОННЫХ ИСПЫТАНИЙ РАБОЧИХ КОЛЕС: КЛЮЧЕВЫЕ ФАКТОРЫ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ АТТЕСТАЦИИ 378

Небыков Ю.Д., Юдаев С.Н.
АНАЛИЗ МЕТОДИК ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ 380

Латина А.А., Ларцева Т.А.
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СКЛАДСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАМКАХ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА (СМК) 383

Иванушкин Д.А., Алексашина О.В.
МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА АНТЕННО-ФИДЕРНЫХ УСТРОЙСТВ: ОСНОВА НАДЕЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ 388

Слуднова С.А., Малахов А.В.
ИННОВАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ОБЛАСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОДУКЦИИ 393

Чернявский А.И., Адылина А.П.
ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА 397

Клочков А.Я., Клочкова Д.А., Клочков Я.М., Юдаев С.Н.
ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ФОТОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ НЕСТАЦИОНАРНОГО ФОТОТОКА 401

Юдин Д.В., Феофанов А.Н.
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ ЗА СЧЕТ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ОБРАБОТКИ 405

Доан Суан Куанг, Нгуен Минь Тыонг, Филиппов Ю.К.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТОЙ ШЕСТЕРНИ МЕТОДОМ ХОЛОДНОЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ 410

Мешкова А.Е., Левина Т.А.
КЛАССИФИКАЦИЯ ИСПЫТАНИЙ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБЯЗАТЕЛЬНОГО ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ ТР ТС 018/2011 415

Секция 4. АВТОМАТИКА, РОБОТОТЕХНИКА И МЕХАТРОНИКА 420

Хусаинов Р.М., Талипов Н.Г.
МЕТОД АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В ДОРОЖНЫХ СЦЕНАХ 420

Малкаров А.Ю., Архипов М.В., Матросова В.В.
ПРОГРАММНЫЕ МОДУЛИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ 424

Квашенников М.С., Юдина О.В.
УЛУЧШЕНИЕ МОДЕЛИ PIX2CODE: ПЕРЕХОД ОТ РЕКУРРЕНТНЫХ СЕТЕЙ К ТРАНСФОРМЕРАМ 429

Ле Минь Тханг, Архипов М.В.
АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РАБОТЫ РЕЗЕРВУАРА СОЕВОГО СОУСА НА ПРОИЗВОДСТВЕ 434

Ширяев В.А., Рачков М.Ю.
СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ДВУХПЕДИПУЛЯТОРНОГО РОБОТА ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ 440

Баранов Н.Е.
МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГУЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ ПРОГНОЗИРУЮЩЕЙ МОДЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО ПОРЯДКА 444

Лагута В.С., Власов В.В.
ГИБКИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МОДУЛЬ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ 447

У Цюе, Рачков М.Ю., Архипов М.В.
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОДОЛЕНИЕМ ПРЕПЯТСТВИЙ ДЛЯ ТРАНСФОРМИРУЕМОГО РОБОТА НА ОСНОВЕ PID-РЕГУЛИРОВАНИЯ 452

У Цюе, Рачков М.Ю., Архипов М.В.
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ ТРАНСФОРМИРУЕМЫМ РОБОТОМ НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO 456

Феофанов А.Н., Шпандарук В.А.
ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ О ТРУДОЕМКОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ ИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ В MES-СИСТЕМУ 459

Хитров В.А.
АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАБОЧИХ КОЛЕС НАСОСОВ: ФУНКЦИИ ОПТИМИЗАЦИИ, ЦЕЛЕВЫЕ ФУНКЦИИ И ИХ МЕТОДЫ ... 463

Толоконников П.В., Елагина А.Н., Бородин К.Ф., Новиков М.М., Толстов М.С.
ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ МЕТОД РАЗРАБОТКИ ИНТЕРАКТИВНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА 466

Чканникова Ю.Г., Максимкин А.И.
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОБНАРУЖЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ 469

Далечин А.С., Пех Д.С., Феофаонов А.Н.
ФРАГМЕНТ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ КОМПОНОВОК МНОГОПОЗИЦИОННЫХ АГРЕГАТНЫХ СТАНКОВ ПО ПАРАМЕТРАМ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ЗАГОТОВКИ 471

Наумов В.А.
ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОВЕРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ 477

Старостин В.Г.
РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПТИМИАЦИИ 3D-МОДЕЛЕЙ В СРЕДЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ 480

Канунников В.В.
АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ НАСТРОЙКИ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА 483

Егоров В.В., Федоренко А.А., Никифорова А.А.
СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И ПОДАВЛЕНИЯ РЕЗОНАНСА В ЭЛЕМЕНТАХ ПОДВЕСКИ ПРИВОДОВ ВРАЩЕНИЯ 486

Баканов А.С., Егоров В.В.
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНТУРОМ ОТОПЛЕНИЯ МАЛОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА 491

Логунова Е.А.
СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ 496

Секция 5. ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА 500

Абрамов Ю.Н., Бачурин А.Н., Жирков Е.А., Угланов М.Б., Нагаев Н.Б.
НАКЛОННЫЙ СЕПАРИРУЮЩИЙ РАБОЧИЙ ОРГАН ЭЛЕВАТОРА КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ 500

Албагачиев А.Ю., Карцев И.С.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗНАШИВАНИЯ В КОНИЧЕСКИХ МЕЛЬНИЦАХ 504

Богданчиков И.Ю., Юдина А.В., Бачурин А.Н.
ОПЫТ УТИЛИЗАЦИИ СОЛОМЫ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ 509

Корнев А.С., Черномазов С.А.
КОНТРОЛЛЕРЫ И ДАТЧИКИ ОТСЛЕЖИВАНИЯ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ: ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ И ПРИМЕНЕНИЕ 514

Рахманов Н.И., Скопинцев И.В., Мавлютов Э.Р.
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ: ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ И ТЕХНОЛОГИЙ, КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОЛУЧАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ 518

Клочков А.Я., Клочкова Д.А., Клочков Я.М., Левина Т.А.
АТТЕСТАЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ДЕФЕКТОВ МАТЕРИАЛА НЕЙРОСЕТЕВЫХ УСТРОЙСТВ СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ 523

Секция 6. ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ 530

Шрымбай Д.А.
ИНКЛЮЗИВНОСТЬ И ОБРАЗОВАНИЕ 530

Бушева А.Г., Феофанов А.Н.
АНАЛИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАРУБЕЖНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, ПОСВЯЩЕННЫЙ ПРОБЛЕМЕ ПОДБОРА ЭКСПЕРТОВ 533

Воробьева Я.А., Савостикова О.Г.
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ... 536

Краева В.А., Нурулин Ю.Р.
ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ
И ОПТИМИЗАЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС ... 539

Ершов Д.С., Горностаева А.К.
УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ:
ВЫЗОВЫ И СТРАТЕГИИ АДАПТАЦИИ ... 543

Пасхин К.Д., Парфеньева И.Е.
SMART-СТАНДАРТЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
ПРЕДПРИЯТИЙ ... 547

Сафронова А.А.
ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННАЯ ОЦЕНКА РИСКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОГО ЭНДОФИКСАТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА ... 550

Сигачева М.А.
ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА:
СТРАТЕГИИ, ИНСТРУМЕНТЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ ... 554

Харьковский Г.Д., Калашников А.А.
ГИБКИЕ МЕТОДЫ КАК СТАРТ ГЛУБОКОЙ БИЗНЕС-АНАЛИТИКИ ... 557

Глушич А.А., Яковлев А.А.
ВОЗМОЖНОСТИ И ВЫЗОВЫ ШЕСТОЙ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ РЕВОЛЮЦИИ
ДЛЯ РАЗВИТИЯ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ... 561

Фролов А.А., Вячеславова О.Ф.
ФОТОДОКУМЕНТИРОВАНИЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ РКТ:
ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ ... 565

Галумян В.А., Вячеславова О.Ф.
МЕТОДИКИ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ ... 570

Алексашкин А.С.
ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ЕГО КАЧЕСТВО ... 574

Панов А.Н., Ерофеев М.Н., Ромашова Е.Ю.
НЕ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ. СРЕДСТВА ПОДДЕРЖКИ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ДОСТИЖЕНИЕ ПРИЕМЛЕМЫХ
РИСКОВ КАЧЕСТВА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ
И МАШИНОВЕДЕНИИ ... 578

Прыткова Е.А.
ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕИНЖИНИРИНГА
В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ... 582

Чжан Янь
ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ
В МЕХАНИЗМАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ ЕДИНИЦ ... 586

Асадулин Е.О., Стрюков Р.А., Макаров С.А.
ЦИФРОВИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ОРГАНИЗАЦИЙ: КЛЮЧЕВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПРЕДПОСЫЛКИ
К АВТОМАТИЗАЦИИ ... 590

Фролов И.М., Ильина М.Е.
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА УНИВЕРСИТЕТА 594

Метревели И.С.
МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 597

Алексеев Е.М., Губанова Н.В.
ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ЛОГИСТИКЕ 600

Наджафалиева М.С., Савостикова О.Г.
ОТРАЖЕНИЕ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В СТАНДАРТАХ 605

Филипповский А.Е.
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ ГОРОДА 608

Зудилов Б.Е., Губанова Н.В.
ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКАХ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ 611

Матюшкин С.И.
ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ: АНАЛИЗ ВЫЗОВОВ И ПЕРСПЕКТИВ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 617

Костин Д.В.
КАЧЕСТВО 4.0, ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ 619

Джангиев Т.М.
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ: СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ И БАРЬЕРЫ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ 622

Разумова А.И.
СТАЦИОНАРНЫЕ РЕЖИМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ 624

Акулов Н.А., Нарышкин Р.А., Савостикова О.Г.
УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ DATA-DRIVEN QUALITY MANAGEMENT 628

Елескин В.В.
ЦИФРОВИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ: МАШИННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РАЙОНОВ МОСКВЫ 632

Веселов Э.Э., Колошкина И.Е., Феофанов А.Н.
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОРРЕКТИРОВКИ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ 635

Герасимов И.А., Рубо А.А.
ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ 639

Власова Е.А.
МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КРОСС-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМАНД В ОПК НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ 641

Шпак С.А.
ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ 645

Василенко Д.В.
ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ КОНТРОЛЯ ЗА ИЗГОТОВЛЕНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АЭС 648

Лямин Б.М., Апальков С.В., Мищенко А.С.
ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТОРГОВЫХ СИСТЕМ В РФ: БАРЬЕРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ 651

Барбаш И.П., Колосова О.В.
ВЛИЯНИЕ ВОВЛЕЧЕННОСТИ СОТРУДНИКОВ НА КАЧЕСТВО И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ 656

Горобец Ю.А., Вячеславова О.Ф.
АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ КОМПЛЕКТОВАНИЕ ПРОДУКЦИИ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ РОЛЬ В ОБЕСПЕЧЕНИИ КАЧЕСТВА МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ ПОСТАВОК 659

Носкова В.Е., Грозовский Г.И., Левина Т.А.
РАЗРАБОТКА ОТКРЫТОЙ БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА 663

Клочкова Д.А.
ПУТИ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ 667

Рахманов Н.И., Мавлютов Э.Р.
АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПО API ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВУЗА И СТОРОННИХ СИСТЕМ: ОПЫТ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОПЕРАТОРА 670

Матвеев К.А., Чернова Т.Г.
ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ 675

Секция 7. СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ КОМПАНИЙ 680

Мишина Е.М., Носкова В.Е.
УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ 680

Борисов В.В., Черемухина Ю.Ю.
УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ, ПОСТАВЛЯЕМОГО ВНЕШНИМИ ПОСТАВЩИКАМИ В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ 683

Лонцих П.А., Бободжонов Д.М., Лонцих Н.П.
ИНТЕГРАЦИЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ РИСКОВ В СИСТЕМУ МЕНЕДЖМЕНТА БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ С ЦИКЛОМ PDSA ... 692

Кузнецова К.А., Федотова И.Ю.
МЕСТО ПРОЦЕССА ВЕРИФИКАЦИИ ЗАКУПЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА 696

Куценко И.А.
ОСОБЕННОСТИ НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН 700

Полкуев Р.Н., Иванова И.В.
КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК В РОССИИ: СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ 703

Попов Д.В., Желудков Е.В.
СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА КАК ДРАЙВЕР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ, СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ 708

Рафекова Р.Р., Адылина А.П.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ПРОЕКТНЫХ ЗАКУПОК КАК МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НА ПРЕДПРИЯТИИ 712

Кагарлицкий Р.В., Баландин А.И.
АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ВНЕШНИХ ПОСТАВЩИКОВ НА АЭС 715

Ситникова М.Н.
РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ В АО «ОДК» 719

Ямбаева М.В., Петухов С.Л.
ОСНОВНЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ 722

Румянцева Н.В., Бардинова С.Н.
РАЗВИТИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ ПЕРСОНАЛА В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА 726

Лигус Е.А., Парфеньева И.Е.
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 729

Гулин В.М., Иванова И.В.
ВЛИЯНИЕ ЗНАНИЯ НА КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ 733

Богданов Р.С., Вячеславова О.Ф.
СТРУКТУРА ТРЕБОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 736

Мягков А.А., Иванова И.В.
ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА: ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ 744

Мухин М.П., Одиноков С.А., Левина Т.А.
ОЦЕНКА ЗРЕЛОСТИ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА 746

Левина Т.А., Грозовский Г.И., Макушкин А.С.
АДАПТАЦИЯ ПЕРСОНАЛА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ В АДАПТИВНОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА 751

Тутынин А.В.
ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ 754

Хрусталев П.П., Иванова И.В.
ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА ПРИ СОЗДАНИИ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА НА ПРЕДПРИЯТИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА 758

Хандорина А.С., Алексашина О.В.
УПРАВЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯМИ ДОКУМЕНТАЦИИ КАК ЧАСТЬ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА ПРОЕКТА 761

Панов А.Н., Ромашова Е.Ю., Кацура С.Ю.
СИСТЕМНЫЙ КРИЗИС МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. МЕТОДОЛОГИЯ И МОДЕЛИ ГЛОБАЛЬНОГО ПРОРЫВА В ПЛАНЕТАРНОЙ ЭКОНОМИКЕ 764

Архипова А.А., Мустафин Д.А.
КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИДЕЙ
В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ ЛИДЕРОМ 769

Антонова И.И., Смирнов В.А., Хадиева А.Т.
ОСНОВЫ КВАЛИМЕТРИИ «КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ»
И «КАЧЕСТВА МЕНЕДЖМЕНТА» 773

Зимин Т.М., Савостикова О.Г.
АСПЕКТЫ УЛУЧШЕНИЯ СМК НА ПРЕДПРИЯТИИ «БИВЕР ТЕХ» 777

Добрынина А.А., Савостикова О.Г.
ВНЕДРЕНИЕ ПРИНЦИПОВ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА
В ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КУРАТОРОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 781

Баландин А.И., Кагарлицкий Р.В.
ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА НА ЭТАПЕ ПОСТАНОВКИ ПРОДУКЦИИ
НА ПРОИЗВОДСТВО В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ 785

Карасева А.И., Ларцева Т.А.
АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ДОКУМЕНТООБОРОТА
В ОБЛАСТИ СЕРТИФИКАЦИИ В ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ 789

Бурундукова К.А., Дмитриева Л.В.
ВЛИЯНИЕ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ
И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ В КОМПАНИИ 792

Соболевский Д.В.
ОПТИМИЗАЦИЯ ВРЕМЕННЫХ ЗАТРАТ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ
К ПРЕЗЕНТАЦИИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ
ПРОЕКТА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА 796

Соколова Л.А.
ИНТЕГРАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ ОТК В МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ 799

Лащенко М.Д., Левина Т.А.
ЦИФРОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В ПРОЕКТНЫХ КОМАНДАХ:
ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТОВ 801

Рытикова В.Ю., Ларцева Т.А.
АНАЛИЗ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОЦЕССУ ОЦЕНКИ
СООТВЕТСТВИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА, НАХОДЯЩЕГО
В ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ РФ, ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ
В ЕГО КОНСТРУКЦИЮ 805

Ильина М.Е.
ЦЕЛОСТНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ
КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ 809

Миронов Г.С., Пудовкин Д.Р.
УПРАВЛЕНИЕ ЗАТРАТАМИ НА УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ 813

Лямин Б.М., Апальков С.В., Мищенко А.С.
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ 816

Колосова О.В., Цыцына А.Р.
НОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ УЧЕТА ДИНАМИКИ ДОСТУПНОСТИ
И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЕФИЦИТА РЕСУРСОВ 821

Янушевская М.Н., Ахмадеева К.Д., Рачев А.С., Кошляк В.О.
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ИНСТИТУТА ИННОВАТИКИ ТУСУР 824

Чернова Т.Г., Матвеев К.А.
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЗАКУПАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ: ПОДХОДЫ И КРИТЕРИИ 828

Секция 8. НАУЧНЫЙ ДЕБЮТ 831

Жебоноева К.А., Аллагулова В.О., Савостикова О.Г.
СТАНДАРТИЗАЦИЯ НАНООБЪЕКТОВ 831

Левченко А.А.
УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ В ПРОИЗВОДСТВЕ РЕДУКТОРОВ: КОМПЛЕКСНОСТЬ СТАНДАРТОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССОВ 834

Мишарина А.А.
ЦИФРОВОЕ БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО 836

Самарцева Н.И., Носкова В.Е.
HARDWARE ТЕСТОВОГО СТЕНДА АВТОНОМНОГО МАНИПУЛЯТОРА С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИИ 4.0 839

Кудряков А.В., Иванова И.В.
ВЛИЯНИЕ ЗНАНИЯ НА КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ (ГОСТ Р ИСО 9001–2015) 841

Новиков А.А., Стригун П.О., Савостиков Г.А., Савостикова О.Г.
КОНТРОЛЬ МЕТОДОМ РОКВЕЛЛА 844

Базаров З.Г.
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ С УКЛОНОМ В МАШИНОСТРОЕНИЕ И МЕТРОЛОГИЮ 848

Тополян К.М., Реутов И.А., Сердюк Е.А., Заломаев С.М., Тирская А.М.
МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ СПЛАВОВ ЦИРКОНИЙ – КРЕМНИЙ 851

Феофанов А.Н., Терешонок А.С.
ПЛАНИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОДУКЦИИ ОПЫТНОГО ПРОИЗВОДСТВА 858

Артемьева В.С.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛЕГИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА СПЛАВЫ AL–CU В ТЕМПЕРАТУРНОМ ДИАПАЗОНЕ ОТ –150 ДО 150 ℃ 862

Введение

Качество как категория управления – интегральное понятие, которое характеризует рыночную значимость и признание произведенной продукции или услуги. Международная организация по стандартизации определяет качество как совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые придают им способность удовлетворять потребности потребителей. Качество определяет образ жизни, социальную и экономическую основу успешного развития человека и общества.

Настоящий сборник составлен по итогам Международной научно-практической конференции «СМиС-2025. Технологии управления качеством», состоявшейся 21–24 мая 2025 г. В конференции участвовали представители шести стран: России, Вьетнама, Казахстана, Узбекистана и Китая.

В сборник материалов по итогам конференции вошли статьи, в которых рассматриваются современные вопросы науки, образования и практики применения результатов научных исследований в области качества.

Конференция проходила по восьми секциям:

- Информационно-измерительные системы – 18 статей.
- Металлургия и материаловедение новых материалов – 32 статьи.
- Технологии и инновации в области качества – 40 статей.
- Автоматика, робототехника и мехатроника – 20 статей.
- Инновационные решения для агропромышленного комплекса – 6 статей.
- Цифровизация процессов управления качеством: вызовы и перспективы – 42 статей.
- Системы менеджмента качества и устойчивое развитие компаний – 40 статей.
- Научный дебют – 10 статей.

Все 208 статей прошли рецензирование (экспертную оценку).

Сборник предназначен для широкого круга читателей, интересующихся научными исследованиями и разработками, научных и педагогических работников, преподавателей, докторантов, аспирантов, студентов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

Секция 1
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Ершов Д.С.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
ershov.metrolog@mail.ru
Малахов А.В.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
sanya-mal1@yandex.ru

МОДЕЛЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация. Представлен подход к построению полумарковских моделей эксплуатации измерительной техники с метрологическим обеспечением, позволяющий учитывать динамику показателей эффективности и показателей функционирования парка измерительной техники.

Ключевые слова: полумарковская модель эксплуатации, динамика изменения показателей эффективности и параметров эксплуатации.

Ershov D.S.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization,
Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ershov.metrolog@mail.ru
Malakhov A.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization,
Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
sanya-mal1@yandex.ru

MODEL OF OPERATION OF MEASURING EQUIPMENT

Abstract. The paper presents an approach to the construction of semi-Markov models of the operation of measuring equipment with metrological support, which allows to take into account the dynamics of performance indicators and performance indicators of the measuring equipment fleet.

Keywords: semi-Markov model of operation, dynamics of changes in efficiency indicators and operating parameters.

Проблеме моделирования процессов эксплуатации сложных технических систем посвящено большое количество публикаций, в том числе моделированию с использованием марковских и полумарковских. В работах [1-5] представлены полумарковские модели эксплуатации измерительной техники (ИТ), позволяющие вычислять стационарный коэффици-

ент готовности и рассчитывать стационарные значения вероятностей нахождения ИТ в следующих возможных состояниях: E_1 – работоспособное состояние; E_2 – отказ, E_3 – периодические (с периодом T_K) поверки отказавшей ИТ, E_4 – восстановление за время t_B, E_5 – периодические поверки работоспособной ИТ, E_6 – состояние необнаруженного отказа, E_7 – состояние ложного отказа.

Модели не позволяют оценить динамику и время достижения вероятностями $\pi_s, s = 1,2,...,7$ своих стационарных значений.

Результаты исследования динамики выхода вероятностей π_s нахождения в различных состояниях E_s на стационарные значения на основе исследования собственных значений и собственных векторов матрицы вероятностей переходов состояний. Показано, что время выхода на стационарные режимы составляет 25%-45% от продолжительности интервала между поверками (ИМП). То есть значительную часть времени система может находиться в режиме перехода к своему стационарному режиму. Поэтому тема статьи, посвященной разработке и исследованию динамической модели эксплуатации ИТ с метрологическим обеспечением, является актуальной. Представленная статья направлена на решение важной практической задачи.

Схема классической модели представлена на рисунке 1.

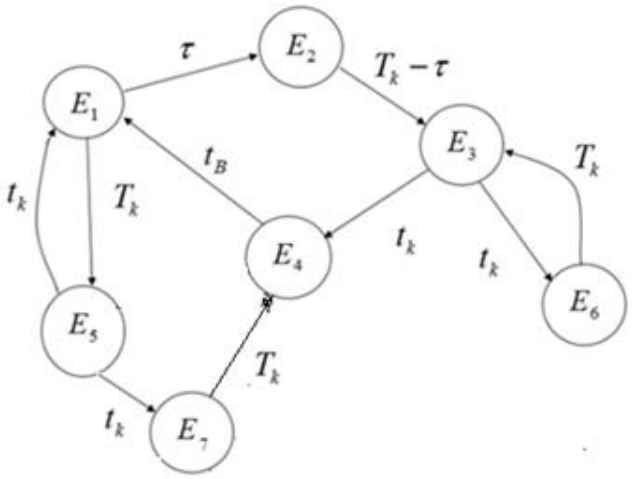


Рис. 1. Классическая модель эксплуатации ИТ

Предполагается, что время отказа t – случайная величина с интегральной функцией распределения $F(t)$, тогда $F(T_k)$ – вероятность отказа за время между двумя поверками. Продолжительность контроля технического состояния t_K, продолжительность восстановления (ремонта) t_B и интервал между поверками (ИМП) T_K являются детерминированными величинами.

Построение стационарной модели проводится с использованием ориентированного графа (рис. 1), вершины которого соответствуют состояниям системы, а на дугах графа прописываются вероятности переходов и задержки в исходящих вершинах графа. Переходы состояний задаются с помощью, так называемой, матрицы вероятностей переходов.

В настоящей работе вводится предположение, что t_B и t_K заметно меньше, чем T_K. Тогда представляется возможным заменить циклические переходы в классической модели на переходы в дополнительные аналогичные состояния и представить модель в виде последовательности процессов, описывающих разные этапы эксплуатации парка ИТ. Обобщенная схема модели изображена на рисунке 2.

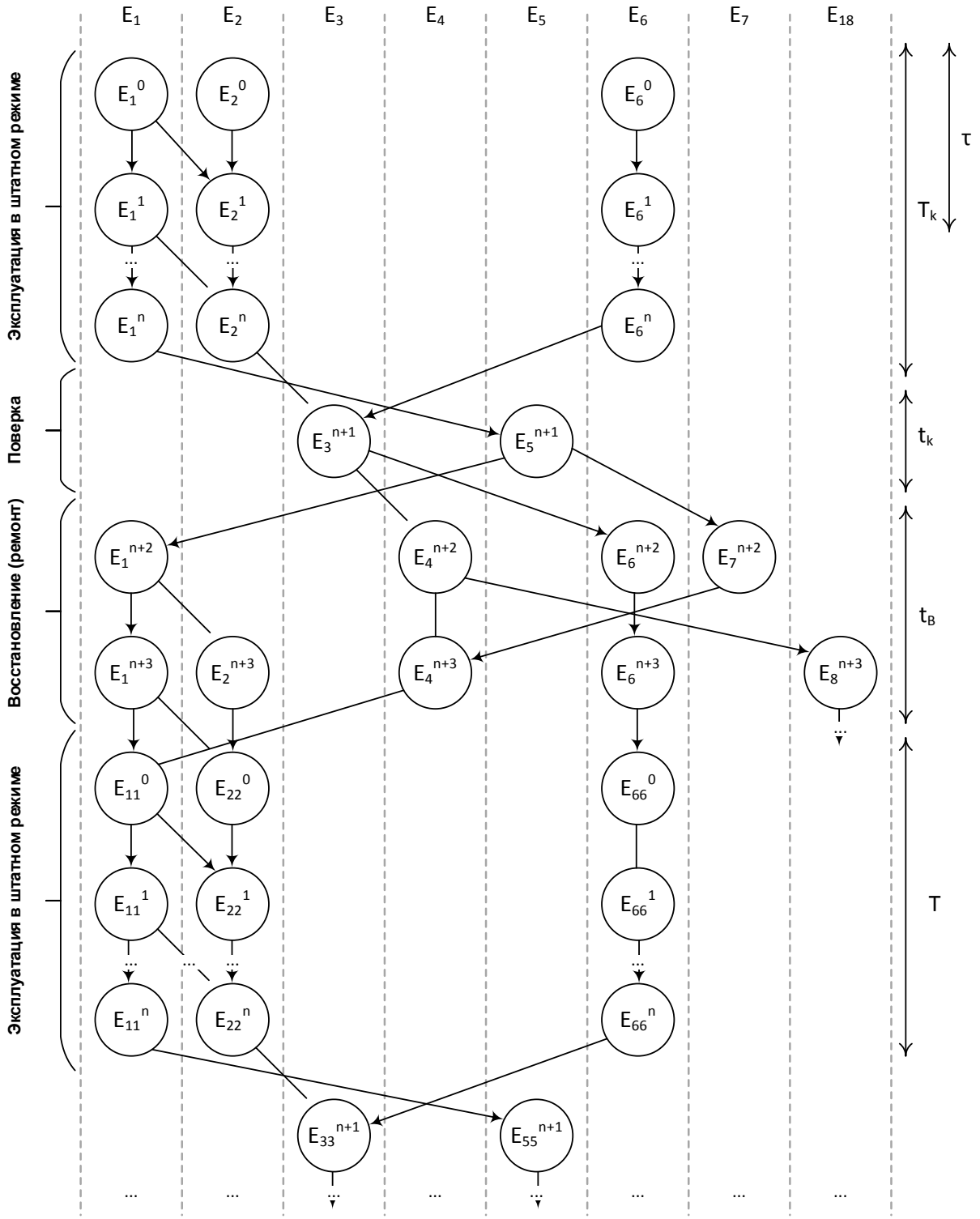


Рис. 2. Процессная модель эксплуатации парка ИТ

В правой части схемы двойными стрелками указаны времена, соответствующие периодичности поверки (время между двумя очередными поверками), продолжительности поверки и продолжительности восстановления (ремонта). В левой части модели даются названия моделируемых процессов (этапов) эксплуатации парка ИТ.

В разработанной модели общий процесс эксплуатации условно представляется как последовательность повторяющихся процессов (этапов) эксплуатации:

1. Процесс эксплуатации в штатном режиме включает n шагов дискретизации. Происходят переходы из состояния исправное в состояние неисправное. Количество образцов ИТ в состоянии необнаруженного отказов остается неизменным).

2. Процесс поверки, включающий поверки неработоспособных образцов ИТ и поверки работоспособных образцов ИТ. В результате поверок происходят ошибки первого и второго рода – ложный отказ и необнаруженный отказ соответственно. Процесс поверки включает 1 шаг дискретизации.

3. Процесс восстановления (ремонта) включает 2 шага дискретизации. В результате все образцы ИТ, поступившие на восстановление, переходят в состояние работоспособное.

4. Переход к пункту 1.

В результате на начало перехода к пункту 1 все образцы ИТ будут находиться только в 3 состояниях: работоспособное состояние, отказовое состояние, состояние необнаруженного отказа.

Представленный в статье подход позволяет получать динамические оценки таких показателей, как коэффициент готовности, коэффициент недостоверности информации (суммарная вероятность ложного и необнаруженного отказов). Средние значения динамических оценок могут отличаться от стационарных оценок на 15-40%. Поэтому динамическая модель позволяет получать новые знания о параметрах функционирования сложных технических систем с метрологическим обеспечением.

Список литературы

1. Ershov D.S. 2023 Measurement Techniques 66 461-474
2. Grozovskiy G.I. 2024 AIP Conference Proceedings 3063(1), 070003
3. Ershov D.S. 2024 Journal of Physics: Conference Series 2697(1), 012078
4. Ershov D.S. 2023 AIP Conference Proceedings 2791(1), 050017
5. Khayrullin, R.Z. 2023 Axioms 12(3), 300

Головко А.И.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
ann.iqrvna@mail.ru
Савостикова О.Г.
старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
ogsavostik@mail.ru

ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ: ПРЕИМУЩЕСТВА И ВЫЗОВЫ

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные аспекты внедрения облачных технологий в информационно-измерительные системы управления качеством на современных предприятиях. Основное внимание уделяется анализу преимуществ и вызовов, связанных с использованием облачных решений в контексте обеспечения качества продукции и производственных процессов.

Авторы подробно исследуют ключевые преимущества облачных технологий, такие как масштабируемость ресурсов, доступность данных, снижение затрат на инфраструктуру и автоматизация обновлений. Особое внимание уделяется рассмотрению существующих вызовов: вопросов безопасности данных, зависимости от интернет-соединения, сложностей интеграции с существующими системами и правовых аспектов использования облачных решений.

В работе представлен комплексный подход к практической реализации облачных технологий в системах управления качеством, включающий этапы анализа требований, миграции данных, интеграции с существующими системами и обучения персонала. Также рас-

сматриваются перспективные направления развития облачных технологий в данной области, включая внедрение искусственного интеллекта и машинного обучения.

Ключевые слова: облачные технологии, управление качеством, информационно-измерительные системы, цифровизация, безопасность.

Golovko A.I.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ann.iqrvna@mail.ru
Savostikova O.G.
Senior Lecturer of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ogsavostik@mail.ru

CLOUD TECHNOLOGIES IN QUALITY MANAGEMENT INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEMS: ADVANTAGES AND CHALLENGES

Abstract. The article deals with actual aspects of cloud technologies implementation in information and measurement systems of quality management at modern enterprises. The main attention is paid to the analysis of advantages and challenges associated with the use of cloud solutions in the context of ensuring the quality of products and production processes.

The authors explore in detail the key benefits of cloud technologies such as scalable resources, data availability, reduced infrastructure costs and automation of updates. Particular attention is paid to the challenges faced: data security issues, dependence on internet connectivity, complexities of integration with existing systems, and legal aspects of using cloud solutions.

The paper presents a comprehensive approach to the practical implementation of cloud technologies in quality management systems, including the stages of requirements analysis, data migration, integration with existing systems and staff training. It also considers promising directions of cloud technology development in this area, including the introduction of artificial intelligence and machine learning.

Keywords: cloud technologies, quality management, information and measurement systems, digitalisation, security.

В современных условиях цифровизации промышленности особую актуальность приобретает внедрение облачных технологий в системы управления качеством. Информационно-измерительные системы (ИИС) становятся ключевым инструментом обеспечения качества продукции и процессов на предприятиях различного масштаба.

Цель исследования – исследовать и проанализировать преимущества и вызовы внедрения облачных технологий в информационно-измерительные системы управления качеством для определения оптимальных путей их практического применения на современных предприятиях.

Внедрение облачных технологий в информационно-измерительные системы (ИИС) управления качеством не только упрощает сбор и анализ данных, но и открывает новые возможности для оптимизации производственных процессов.

Информационно-измерительные системы представляют собой комплекс технических средств и программного обеспечения, предназначенных для получения, обработки и анализа измерительной информации. Облачные технологии в контексте ИИС обеспечивают удаленный доступ к вычислительным ресурсам и данным через интернет.

Одним из ключевых аспектов является возможность использования больших данных и аналитики в реальном времени. Облачные платформы позволяют агрегировать информацию с различных источников, включая датчики, производственное оборудование и системы контроля качества, что обеспечивает более точное и оперативное принятие решений.

Преимущества облачных решений

Масштабируемые ресурсы системы управления качеством позволяют гибко настраивать вычислительные мощности под текущие потребности предприятия. Благодаря облачным технологиям доступ к данным возможен из любой точки мира, что особенно важно для территориально распределенных компаний.

Система существенно снижает затраты на инфраструктуру, так как нет необходимости в собственном дата-центре – все ресурсы предоставляются централизованно. Автоматическое обновление ПО и баз данных происходит без участия пользователя, обеспечивая актуальность системы.

Надежность работы гарантируется резервированием данных на множестве серверов и автоматическим восстановлением после сбоев, что минимизирует простои и потери информации.

Вызовы, ограничения и риски

Внедрение облачных технологий сталкивается с серьезными вызовами, главный из которых – обеспечение безопасности данных при их передаче и хранении в облаке. Дополнительную сложность создает зависимость от качества интернет-соединения, особенно в удаленных регионах, где доступ к сети может быть нестабильным или отсутствовать.

Серьезной проблемой является интеграция облачных решений с существующими системами, так как этот процесс требует значительных временных и финансовых затрат. Параллельно необходимо тщательно проработать правовые аспекты, включая вопросы хранения и обработки данных. Все эти факторы создают существенные барьеры для быстрого внедрения облачных решений и требуют комплексного подхода к их преодолению.

Кроме того, предприятиям важно учитывать риски, связанные с использованием облачных технологий. Один из ключевых – зависимость от поставщиков облачных услуг. Компании должны тщательно выбирать провайдеров, оценивая их репутацию, уровень сервиса и условия контрактов. Также необходимо разрабатывать стратегии резервного копирования данных, чтобы минимизировать последствия непредвиденных ситуаций.

Таким образом, несмотря на преимущества облачных технологий, их внедрение требует учета технических, юридических и операционных аспектов для успешной и безопасной реализации.

Правовые аспекты и сертификация облачных решений в России

Внедрение облачных технологий в информационно-измерительные системы управления качеством требует строгого соблюдения законодательных норм, особенно в вопросах обработки и хранения данных. В России ключевым регулирующим документом является Федеральный закон № 152-ФЗ «О персональных данных», который устанавливает требования к защите информации в облачных средах.

Закон 152-ФЗ устанавливает ряд важных требований, касающихся обработки и хранения персональных данных граждан РФ. Прежде всего, данные должны локализоваться на серверах внутри страны, что распространяется и на облачных провайдеров, обслуживающих российские компании. Это означает, что персональная информация не может передаваться или храниться за рубежом.

Ещё одним ключевым аспектом является классификация и защита данных. Информация должна разделяться по уровню конфиденциальности, например, данные сотрудников или клиентов, и защищаться с помощью сертифицированных средств шифрования и контроля доступа. Это позволяет минимизировать риски утечек и несанкционированного доступа.

Нарушение требований 152-ФЗ влечёт за собой серьёзные последствия, включая штрафы, блокировку интернет-ресурсов или даже приостановку деятельности компании.

Для работы с критически важными данными, такими как государственная тайна или информация, связанная с промышленной безопасностью, облачные провайдеры обязаны соответствовать строгим требованиям ФСТЭК и ФСБ. В частности, они должны соблюдать приказы ФСТЭК № 17 и № 21, регулирующие защиту информации, а также пройти аттестацию центров обработки данных (ЦОД). Это включает проверку на отказоустойчивость, физическую защиту и другие параметры безопасности.

Отечественные платформы, такие как SberCloud, Яндекс.Облако и МТС Cloud, уже предлагают услуги, соответствующие требованиям 152-ФЗ. Кроме того, компании могут использовать гибридные модели, которые позволяют хранить критически важные данные локально, одновременно применяя облачные технологии для аналитики и других задач. Это обеспечивает баланс между безопасностью и гибкостью в работе с данными.

Практическая реализация

Внедрение облачных технологий в систему управления качеством начинается с анализа требований и выбора провайдера. После этого происходит миграция данных и настройка инфраструктуры, позволяющая перенести информацию в облачное хранилище и настроить необходимые параметры.

Важным этапом становится интеграция с существующими системами предприятия для обеспечения эффективного обмена данными. Параллельно персонал обучается работе с новой системой, а также внедряются процедуры безопасности.

Завершающий этап включает мониторинг производительности и оптимизацию работы системы для обеспечения её стабильной и эффективной эксплуатации.

Примеры практического применения

На предприятиях, где уже внедрены облачные решения, отмечается значительное сокращение времени на обработку данных. Например, автоматизированный сбор показателей качества продукции позволяет мгновенно выявлять отклонения от стандартов и корректировать производственные процессы без задержек. Кроме того, облачные технологии способствуют внедрению предиктивной аналитики, которая прогнозирует возможные дефекты на ранних стадиях, минимизируя риски выпуска некачественной продукции.

Еще одним преимуществом является возможность создания единой платформы для взаимодействия между подразделениями предприятия. Это особенно актуально для крупных компаний с распределенной структурой, где важно обеспечить согласованность действий между отделами контроля качества, производства и логистики. Облачные системы позволяют всем участникам процесса работать с актуальными данными, что снижает вероятность ошибок и улучшает координацию.

Перспективы развития

Будущее облачных технологий в управлении качеством строится на интеграции передовых решений. Искусственный интеллект и машинное обучение позволяют системам адаптироваться к изменениям и оптимизировать процессы. Важную роль играет интеграция с предиктивной аналитикой для предотвращения проблем. Гибридные облачные решения обеспечивают гибкость и масштабируемость, а усовершенствованные протоколы безопасности защищают данные от киберугроз. Все эти направления формируют целостную картину будущего облачных технологий, где инновации сочетаются с практической применимостью.

Рекомендации по внедрению

Для успешного внедрения облачных технологий предприятиям рекомендуется:

1. **Провести аудит существующих систем.** Определить, какие процессы требуют автоматизации и какие данные необходимо перенести в облако.
2. **Выбрать надежного провайдера.** Оценить репутацию поставщика облачных услуг, уровень безопасности и условия обслуживания.
3. **Обучить персонал.** Обеспечить сотрудников необходимыми знаниями для работы с новой системой, проведя тренинги и мастер-классы.
4. **Разработать план миграции.** Поэтапно переносить данные и тестировать систему на каждом этапе, чтобы избежать сбоев.

Облачные технологии открывают новые возможности для совершенствования информационно-измерительных систем управления качеством. Несмотря на существующие вызовы, преимущества их внедрения значительно перевешивают потенциальные риски. Ключевым фактором успешного внедрения является тщательное планирование и комплексный подход к реализации облачных решений в контексте конкретных производственных задач.

Список литературы

1. Захаров, Д. К. Облачные технологии в системе управления персоналом // Вестник университета. – 2016. – №5. – С. 190.
2. Ефимов В. В. Улучшение качества проектов и процессов: Учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2004. – 185 с.
3. Ефимов В. В. Управление качеством: Учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2000. – 141 с.
4. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования (Переиздание). – М.: Стандартинформ, 2015. – 23 с.
5. Леонов О. А., Темасова Г. Н., Вергазова Ю. Г. Управление качеством. – М.: Издательство «Лань», 2020. – 180 с.
6. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем. М.: Высшая школа, 2006.
7. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология: Учебное пособие для вузов. М.: Логос, 2001.
8. Глазунов С. Бизнес в облаках. Чем полезны облачные технологии для предпринимателя / С. Глазунов // Контур. – 2022. – URL: http://www.kontur.ru/articles/225 (дата обращения 26.04.2025).
9. Ваилуа Г.П. Облачные технологии в современном мире / Г.П. Ваилуа // Солнечный свет. – 2022. – URL: https://solncesvet.ru (дата обращения 26.04.2025).
10. Леонид Черняк. Интеграция – основа облака. Открытые системы. СУБД. – URL: https://rb.ru/opinion/ai/?ysclid=lh8vu97aom81567 (дата обращения 26.04.2025).

Малахов А.В.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Москва, Россия
sanya-mal1@yandex.ru
Минагуреев Н.А.
младший научный сотрудник,
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России,
Россия, Мытищи
minagureev99@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация. В статье рассматривается проблема обеспечения метрологической надёжности информационно-измерительных систем в условиях эксплуатации. Проведен анализ факторов, влияющих на изменение метрологических характеристик, включая процессы деградации и внешние воздействия. Особое внимание уделяется моделированию изменения метрологических характеристик во времени и анализу соответствующих моделей: линейной, экспоненциальной и модели, основанной на кривой Ферхюльста. Выявлены преимущества и ограничения рассматриваемых моделей при прогнозировании надежности информационно-измерительных систем. Отмечается необходимость учета стохастического характера дрейфа погрешностей и предлагается переход к более универсальной методологии, включающий элементы теории случайных процессов. В заключении подчеркивается, что для адекватного описания изменения метрологических характеристик информационно-измерительных систем необходимо учитывать нестационарные условия эксплуатации и взаимодействие различных факторов деградации.

Ключевые слова: информационно-измерительная система, метрологический отказ, метрологическая характеристика, метрологическая надежность.

Malakhov A.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
sanya-mal1@yandex.ru
Minagureev N.A.
Junior Researcher
FGBU «GNMC» of the Ministry of Defense of Russia
Russia, Mytishchi
minagureev99@mail.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF MATHEMATICAL MODELS OF CHANGES IN METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF INFORMATION AND MEASURING SYSTEMS IN THE PROCESS OF OPERATION

Abstract. The article deals with the analysis of factors influencing the change of metrological characteristics of information and measuring systems in the process of operation. The factors influencing the change of metrological characteristics, including degradation processes and external influences, are analyzed. Particular attention is paid to the modeling of changes in metrological characteristics in time and the analysis of the corresponding models: linear, exponential and the model based on the Ferhulst curve. The advantages and limitations of the considered models in predicting the reliability of information-measuring systems are revealed. The necessity to take into account the stochastic nature of error drift is noted and a transition to a more universal methodology including elements of the theory of random processes is suggested. In conclusion it is emphasized that for an adequate description of changes in metrological characteristics of information-measuring systems it is necessary to take into account non-stationary operating conditions and the interaction of various degradation factors.

Keywords: information and measurement system, metrological failure, metrological characteristics, metrological reliability.

Обеспечение надежности и безопасности эксплуатации информационно-измерительных систем (ИИС) осуществляется на всех этапах жизненного цикла – от разработки эскизных проектов различных компонентов ИИС до их утилизации. Несомненно, важной и ответственной является задача обеспечения диагностирования и контроля работоспособности как ИИС в целом, так и ее компонентов при выполнении ими заданных функций.

В процессе эксплуатации ИИС подвергаются воздействию внешних факторов, такое воздействие является основным источником, определяющим возникновение метрологических отказов (МО), приводящих к искажению измерительной информации и, как следствие, к формированию измерительного брака. В значительной степени эта проблема обусловлена кумулятивным эффектом процессов деградации, включая старение и износ, протекающих в элементах и функциональных блоках ИИС.

Изменение погрешности ИИС с увеличением срока эксплуатации проявляется в виде прогрессирующего смещения и поворота полосы погрешностей. Другими словами, ключевую роль играет изменение систематической составляющей погрешности, в то время как случайная составляющая демонстрирует относительную стабильность. Это обстоятельство указывает на преобладающее влияние процессов, связанных с накоплением необратимых изменений в элементах ИИС [1].

Необратимые процессы, влияющие на метрологическую точность ИИС, протекают настолько медленно, что их экспериментальная фиксация представляет собой значительную методологическую сложность [2]. В связи с этим особую актуальность приобретает применение математических моделей, позволяющих прогнозировать наступление МО на основе экстраполяции имеющихся данных. При этом необходимо учитывать, что адекватность та-

ких моделей в значительной степени зависит от точности оценки параметров, характеризующих процессы деградации.

В общем виде модель изменения метрологической характеристики (МХ) *L(t)* может быть представлена следующим выражением:

$$L(t) = L_0 \pm F(t), \qquad (1)$$

где L_0 – начальное значение МХ ИИС, *F(t)* – случайная для совокупности ИИС данного типа функция времени, обусловленная физико-химическими процессами постепенного износа и старения элементов и блоков ИС.

Получить точное выражение функции *F(t)* исходя из физических моделей процессов старения ИИС практически невозможно. Поэтому функцию *F(t)* аппроксимируют аналитической зависимостью, используя экспериментальные данные изменения погрешности ИИС во времени.

На рисунке 1(а) представлена линейная модель изменения МХ ИИС. Линией 1 показано изменение модели при отсутствии метрологических отказов, линией 2 – изменение МХ при отказах, после которых производится ремонт ИИС и его МХ возвращается к исходному значению L_0, $\Delta з$ – заводской запас погрешности.

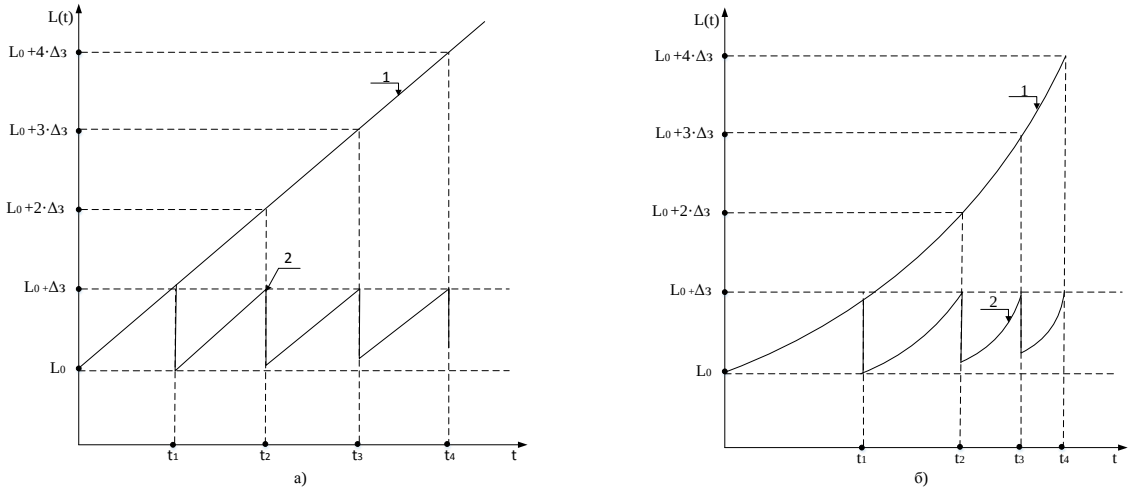


Рис. 1. Линейная(а) и экспоненциальная(б) модель изменения МХ ИИС

Линейная модель адекватно описывает динамику МХ ИИС, обусловленного старением, только для ограниченного класса ИИС и в узком диапазоне времени, примерно от одного до пяти лет с момента начала эксплуатации. Экстраполяция данной модели за пределы указанного интервала приводит к неприемлемым расхождениям между теоретическими и экспериментальными значениями частоты отказов, что свидетельствует о её ограниченной применимости.

Анализ эксплуатационных данных различных систем [3] демонстрирует тенденцию к сокращению интервалов между ремонтами с течением времени. Этот факт обусловлен тем, что скорость изменения МХ ИИС экспоненциально возрастает (рисунок 1(а)), что приводит к сокращению времени, в течение которого ИИС сохраняет свои МХ в пределах допустимых норм.

Изменение во времени МХ ИИС будет иметь вид:

$$L(t) = L_0 + \Delta з \cdot \frac{w_0}{a}(e^{at} - 1) \qquad (2)$$

где w_0 – частота метрологических отказов на момент изготовления ИИС (t=0), год; a – ускорение процесса метрологического старения ИИС, год.

Экспоненциальная модель обеспечивает приемлемую аппроксимацию динамики изменения МХ в широком диапазоне времени – от одного года эксплуатации до момента вывода оборудования из эксплуатации (утилизации). Однако, данная модель в силу своей математи-

ческой структуры предполагает неограниченное увеличение погрешности с течением времени, что не всегда соответствует наблюдаемым реалиям. Это является существенным ограничением при прогнозировании долгосрочной надежности ИИС.

Для устранения некоторых недостатков экспоненциальной модели можно использовать модель (рисунок 2), описываемую уравнением Ферхюльста:

$$L(x) = \frac{S}{1 + e^{-k(x - x_0)}}\ , \qquad (3)$$

где S – максимальное значение кривой, k – темп роста МХ по логистической кривой, или крутизна кривой, x_0- значение x в середине сигмоиды, x – вещественное значение МХ.

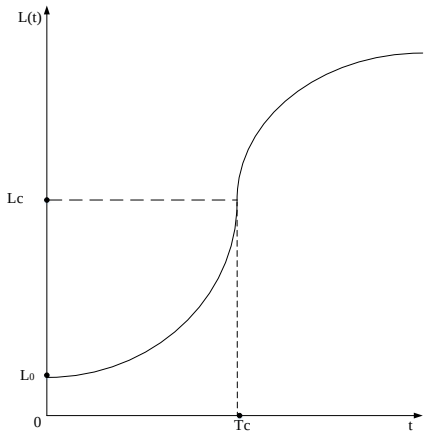


Рис. 2. Модель изменения МХ, описываемая кривой Ферхюльста

Эта модель демонстрирует более удовлетворительное описание динамики МХ, сочетая в себе экспоненциальный рост на начальном этапе с последующим экспоненциальным убыванием и, в конечном итоге, выходом на некоторый предельный уровень, выше которого дальнейшее увеличение значения МХ не наблюдается (при $t \to \infty$).

Вместе с тем предложенная модель также имеет ряд ограничений. Так, её применение не позволяет адекватно описывать изменение МХ ИИС в период, непосредственно следующий за изготовлением и включающий в себя первые месяцы эксплуатации. Это связано с тем, что как в линейной, так и в экспоненциальной моделях начальное значение МХ рассматривается как постоянная величина, не зависящая от времени и остающаяся неизменной с момента изготовления ИИС. Такой подход является упрощением, поскольку начальное значение МХ, как правило, включает в себя различные составляющие, обусловленные процессами приработки оборудования и нестабильностью параметров, наблюдаемыми на начальных этапах эксплуатации.

Следует отметить, что параметры, характеризующие процессы деградации, индивидуальны для каждого конкретного элемента ИИС (СИ). Получение статистически значимых данных о динамике изменения МХ возможно только путем длительного накопления точных данных об оценках систематической и случайной составляющих основной погрешности, получаемых в ходе ежегодных поверок, проводимых в течение не менее 3-4 лет.

Описанные выше модели, по сути, являются детерминистскими и не обладают достаточной степенью общности, что ограничивает их применимость к широкому классу ИИС. Кроме того, они недостаточно учитывают стохастический характер процессов дрейфа погрешности, что особенно важно в случаях, когда в ИИС используются принципиально новые физические принципы и инновационная элементная база.

В связи с вышеизложенным представляется очевидной необходимость разработки более общей методологии, учитывающей, помимо детерминистских закономерностей, стохастические представления о процессах дрейфа МХ ИИС. Такая методология должна включать в себя элементы теории случайных процессов и методы статистического анализа [4-9].

В работах [4,5] предложен новый подход к моделированию эксплуатации ИИС, основанный на учете процессов деградации. Этот подход предполагает построение графа с произвольным числом состояний, где ребра графа, соответствующие возможным переходам между состояниями, характеризуются вероятностными характеристиками. Предполагается, что такая модель позволяет управлять технологическими показателями развития. В рамках этого подхода, как отмечают авторы, было получено решение задачи об оптимальных значениях продолжительности интервалов между поверками и параметров допускового контроля для ИИС, относящихся к различным группам деградации.

Вместе с тем необходимо учитывать, что значительная часть ИИС эксплуатируется в условиях, характеризующихся воздействием сложных нестационарных климатических факторов, а также функционирует в непрерывном режиме. В таких условиях с высокой вероятностью будут наблюдаться резкие изменения скорости дрейфа (МХ), что потребует разработки специализированных методов анализа и прогнозирования, учитывающих дискретный характер изменений параметров.

Таким образом, в статье рассмотрены различные математические модели, описывающие изменение МХ ИИС во времени. Анализ преимуществ и недостатков показал, что ни одна из них, в полной мере, не позволяет описать изменения МХ на всем периоде эксплуатации. В качестве одного из перспективных направлений дальнейших исследований можно отметить применение полумарковских моделей, позволяющих описать процесс эксплуатации ИИС с момента его начала, но для построения таких моделей стоит также учитывать условия эксплуатации, стохастический характер процессов дрейфа погрешности, а также должна быть функциональная взаимосвязь с внутренней структурой и конструкцией ИИС.

Список литературы

1. Фридман А. Э. Теория метрологической надежности средств измерений // Измерительная техника. – 1991, № 11. – С. 3-10.

2. Зограф И.А. Динамика погрешностей средств измерений / И.А. Зограф, П.Ф. Новицкий, В.С. Лабунец. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 187 с.

3. Ершов Д.С., Малахов А.В., Талалай А.В., Хайруллин Р.З. Анализ моделей эксплуатации сложных технических систем. Измерительная техника. 2023; (7):15-23. https://doi.org /10:32446/0368-1025it.2023-7-15-23.

4. Хайруллин Р.З., Корнев А.С., Костоглотов А.А., Лазаренко С.В. Математическое моделирование функций ошибок принятия решения при допусковом контроле работоспособности измерительной техники. Метрология. 2020. №3 С. 3-8.

5. Храменков В.Н., Хайруллин Р.З., Минагуреев Н.А. Методы трансформации проектных полумарковских моделей эксплуатации сложных технических систем» // Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции развития исследовательских компетенций в условиях инновационного кластера». г. Екатеринбург, РФ, С. 17–20.

6. Мищенко В.И., Кравцов А.Н., Мамлеев Т.Ф. Полумарковская модель функционирования резервируемых средств измерения с учётом переодичности поверки. Измерительная техника. 2021; (4):22-27. https://doi.org /10:32446/0368-1025it.2021-4-22-27.

7. Хайруллин Р.З. Полумарковская модель эксплуатации и обновления парка измерительной техники. Вестник метролога. 2023. № 1. С. 11-17.

8. Хайруллин Р.З. Динамическая модель эксплуатации измерительной техники с метрологическим обеспечением. Научно-технический вестник Поволжья. № 1 2024г. С. 32-35.

9. Хайруллин Р.З. Оптимизация процессов эксплуатации и обновления парка измерительной техники. Измерительная техника. 2022; (8):28-34. https://doi.org /10:32446/0368-1025it.2022-8-28-34.

Рахимова С.Б.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
sabrinarahimova27@gmail.com
Алексашина О.В.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
olaslavna@yandex.ru

ИННОВАЦИОННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СЫРЬЯ

Аннотация. В статье рассматривается критическая важность измерения показателей качества сырья для обеспечения эффективности и безопасности производственных процессов, а также для гарантии соответствия конечной продукции установленным стандартам и требованиям. Обосновывается необходимость систематического контроля качества сырья на всех этапах, начиная от входного контроля и заканчивая использованием в производстве, для минимизации рисков брака, повышения производительности и оптимизации затрат. Проанализированы традиционные и современные методы измерения показателей качества сырья, такие как физико-химические анализы, хроматография и другие. Особое внимание уделено роли спектроскопических методов, включая инфракрасную (ИК), ультрафиолетовую спектроскопию и масс-спектроскопии, как экспрессных, неразрушающих и многопараметрических инструментов для оценки качества сырья. Подчеркивается потенциал спектроскопии в обеспечении оперативного контроля качества, идентификации сырья и выявлении фальсификаций, что способствует повышению конкурентоспособности предприятий и защите интересов потребителей

Ключевые слова: измерение показателей качества сырья, спектральный анализ, инфракрасная спектроскопия, ультрафиолетовая спектроскопия, масс-спектроскопия.

Rakhimova S.B.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
sabrinarahimova27@gmail.com
Aleksashina O.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
olaslavna@yandex.ru

MEASUREMENT OF RAW MATERIAL QUALITY INDICATORS

Abstract. This article examines the critical importance of measuring raw material quality indicators to ensure the efficiency and safety of production processes, and to guarantee the compliance of the final product with established standards and requirements. It justifies the need for systematic quality control of raw materials at all stages, from incoming inspection to utilization in production, to minimize the risks of defects, increase productivity, and optimize costs. Traditional and modern methods for measuring raw material quality indicators are analyzed, such as physicochemical analyses, chromatography, and others. Particular attention is paid to the role of spectroscopic methods, including infrared (IR) and near-infrared (NIR) spectroscopy, as rapid, non-destructive, and multiparametric tools for assessing raw material quality. The potential of spectroscopy in providing oper-

ational quality control, raw material identification, and detection of adulteration is emphasized, contributing to increased enterprise competitiveness and protection of consumer interests. The article is aimed at specialists in quality control, the food industry, pharmaceuticals, agriculture, and other industries interested in optimizing raw material quality control processes and implementing modern analytical methods.

Keywords: Measurement of raw material quality indicators, Spectral analysis, Infrared spectroscopy (IR spectroscopy), Ultraviolet spectroscopy (UV spectroscopy), Mass spectrometry (MS).

В условиях растущих требований к качеству, измерение показателей сырья критически важно для безопасности, эффективности и доверия потребителей. Поэтому востребованы инновационные, быстрые и точные методы анализа сырья на всех этапах производства.

Зачем измерять качество сырья?

Качество сырья – основа конечного продукта и успеха бизнеса. Контроль показателей (состав, влажность и т.д.) предотвращает загрязнение, гарантирует соответствие стандартам, оптимизирует производство, влияет на потребительские свойства и срок годности. Точные измерения снижают затраты и улучшают продукт. Инновационные системы обеспечивают более эффективный контроль качества. Современные технологии начали внедрять автоматизированные системы, которые позволяют осуществлять контроль в режиме реального времени. Такие системы основываются на использовании сенсоров, которые способны определять физико-химические характеристики сырья, например, его влажность, состав и температуру. Рассмотрим метод из наиболее перспективных инноваций:

Спектральный анализ – физический метод, изучающий взаимодействие вещества с электромагнитным излучением. Он позволяет определить качественный и количественный состав, структуру и свойства вещества. В пищевой отрасли спектральный анализ широко используется для контроля качества и определения содержания протеинов, липидов, витаминов и минералов. Существует множество методов спектрального анализа, в данной статье будут рассмотрены основные.

Инфракрасная спектроскопия (IR) представляет собой один из наиболее продвинутых и эффективных аналитических инструментов, используемых для оценки качества разнообразных пищевых продуктов, зерновых культур и кормовых смесей, предназначенных для сельскохозяйственных животных (рис. 1). Благодаря применению данной методики становится возможным получение весьма точной и подробной информации, касающейся состава органических веществ, входящих в состав анализируемого образца, а также особенностей их молекулярного строения.



Рис. 1. Работа инфракрасной спектроскопии

Данный метод находит широкое применение при проведении исследований состава молочных и мясных продуктов, а также зерна и кормов, позволяя определить процентное содержание жиров, белков, влаги и других важных показателей, характеризующих качество продукции. Кроме того, инфракрасная спектроскопия успешно используется для осуществления контроля над технологическими процессами, применяемыми при производстве пива,

вин и других видов спиртных напитков, обеспечивая стабильность и соответствие выпускаемой продукции установленным стандартам. Инфракрасное излучение вызывает колебания молекул, избирательно поглощаясь на определенных длинах волн. Эти длины волн указывают на функциональные группы и структуру молекул, что используется в химии для идентификации соединений.

Ультрафиолетовая и видимая спектроскопия (УФ-Вид) используется для анализа образцов с ароматическими соединениями (фенолы, аминокислоты, нуклеотиды) (рис. 2). Метод основан на измерении поглощения УФ-света, а уникальный спектр поглощения позволяет идентифицировать и количественно определить вещество. Ультрафиолетовая спектроскопия изучает процессы излучения, поглощения и отражения в УФ-диапазоне. Высокая энергия УФ- и видимого света (1,7-100 эВ, 100-730 нм) переводит электроны органических молекул из основного в возбужденное состояние, перемещая их с связывающих на разрыхляющие орбитали.

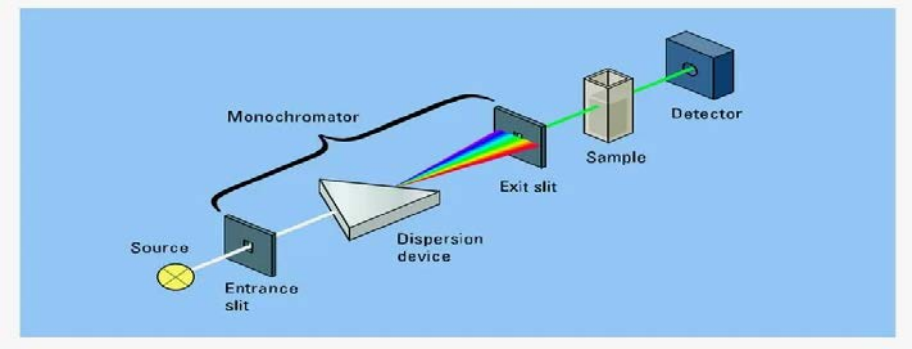


Рис. 2. Ультрафиолетовая спектроскопия

Поскольку разница в энергии между этими состояниями имеет квантованный характер, молекулы способны поглощать фотоны только с строго определенной энергией, соответствующей разнице энергетических уровней. В УФ-спектре поглощают почти все органические вещества. Обычно используют диапазон 190-730 нм, особенно 200-380 нм, где прозрачны кварцевое и сапфировое стекло. Использование вакуумного УФ (менее 190 нм) затруднено из-за поглощения излучения воздухом и требует вакуумных камер, но необходимо для исследования некоторых материалов, например, диэлектриков.

Масс-спектрометрия (МС) – аналитический метод для идентификации веществ, определения концентрации компонентов и изотопного/элементного состава (рис. 3). Ключевой этап – ионизация, разделяющая компоненты по отношению массы к заряду. Измерение ионного тока позволяет количественно определить компоненты. В пищевой промышленности МС используется для анализа состава продуктов, контроля качества, безопасности и выявления отклонений от норм, а также следовых количеств нежелательных веществ.

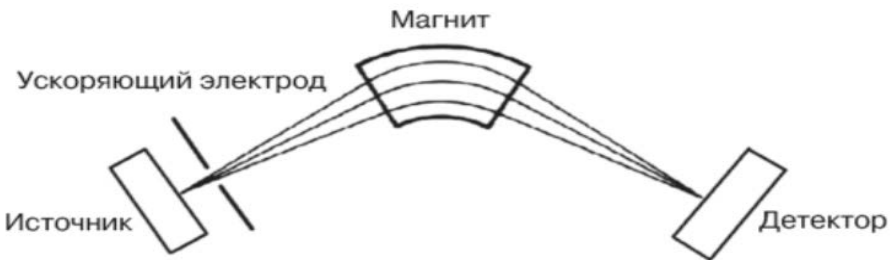


Рис. 3. Масс-спектроскопия

Масс-спектрометрия (МС) используется для установления подлинности продуктов (масло, мед, вино) путем сравнения их химического состава с эталонными образцами. Это эффективно для борьбы с фальсификацией и гарантирует соответствие стандартам качества и безопасности.

Спектральный анализ играет ключевую роль в пищевой промышленности, обеспечивая качество, безопасность и подлинность продуктов. Он предоставляет информацию о составе, структуре и свойствах на всех этапах, от контроля сырья до выявления фальсификаций. Благодаря высокой чувствительности и точности, спектральный анализ позволяет принимать обоснованные решения для повышения качества и безопасности пищевых продуктов. Развитие спектральных технологий важно для конкурентоспособности и устойчивого развития пищевой промышленности в условиях растущих требований.

Список литературы

1. Kwortnik, R. J., & Thompson, G. M. (2009). «Unifying Service Marketing and Operations with Service Experience Management.» Journal of Service Research. Источник: https://www.researchgate.net/_Unifying_Service_Marketing

2. Chon, K. S., & Maier, T. (2010). «Managing Quality Service in Hospitality.» Cengage Learning. Источник: https://nscpolteksby.ac.id/ebook/Managing Quality.pdf

3. Kumar, A., & Singh, A. (2019). «Impact of Big Data on Restaurant Management: A Review.» International Journal of Hospitality Management. Источник: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii

4. Baker, M. J., & Hart, S. (2018). «The Marketing Book.» Routledge. Источник: https://www.routledge.com/The-Marketing-Book/Baker-Hart/p/book/9780415703772

Авдеева М.Н.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
avdeeva.margot@gmail.com
Петухов С.Л.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
p_sl@bk.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОНТАЖА SMD-КОМПОНЕНТОВ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БРАКА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Аннотация. Предметом исследования данной статьи является решение задачи повышения качества продукции радиоэлектронной промышленности за счет эффективного прогнозирования брака в процессе автоматизированного монтажа SMD-компонентов. Целью исследования является выявление наиболее эффективного статистического метода прогнозирования: логистическая регрессия, дерево решений, случайный лес. Данные для проведения прогноза были получены от системы автоматизированного оптического контроля (AOI). Особое внимание уделено оценке прогностической способности каждого метода с помощью ROC-анализа. В результате сравнительного анализа было установлено, что метод случайного леса обеспечивает наиболее точное и надёжное прогнозирование брака. Практическое применение исследования поможет оптимизировать производственные процессы, повысить качество выпускаемой продукции и, как следствие, существенно снизит затраты на исправление дефектов и утилизацию брака.

Ключевые слова: прогнозирование брака, статистические методы, логистическая регрессия, древо решений, случайный лес, контроль качества, автоматизированный оптический контроль.

Avdeeva M.N.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
avdeeva.margot@gmail.com
Petukhov S.L.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
p_sl@bk.ru

OPTIMIZATION OF THE SMD COMPONENT ASSEMBLY PROCESS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF DEFECT PREDICTION METHODS BASED ON AUTOMATED OPTICAL INSPECTION DATA

Abstract. The subject of this article is the solution to the problem of improving the quality of products in the electronics industry by effectively predicting defects in the process of automated assembly of SMD components. The purpose of the study is to identify the most effective statistical forecasting method: logistic regression, decision tree, random forest. The data for the forecast were obtained from the automated optical inspection (AOI) system. Particular attention is paid to assessing the predictive ability of each method using ROC analysis. As a result of the comparative analysis, it was found that the random forest method provides the most accurate and reliable forecasting of defects. Practical application of the study will help optimize production processes, improve the quality of manufactured products and, as a result, significantly reduce the costs of correcting defects and recycling defects.

Keywords: defect prediction, statistical methods, logistic regression, decision tree, random forest, quality control, automated optical inspection.

SMD-монтаж (Montage Surface Mount Devices) – это технология установки поверхностно-монтируемых устройств на печатные платы. Данный метод монтажа является ключевым для современных производств электронной аппаратуры. Повышение технологической сложности производства и минимизация электронных компонентов ставит практически невозможную задачу перед традиционными методами контроля качества. Решающую роль в поддержании высоких стандартов при сборке печатных плат играет AOI.

AOI (Automated optical inspection) – это технология, предполагающая применение цифровых камер и программного обеспечения для проверки печатных плат на наличие дефектов. Прогнозирование брака на основе данных, полученных в результате работы AOI, позволяет предубеждать возникновение дефектов и сокращать производственный потери.

Таким образом, целью данной работы является проведение сравнительного анализа эффективности методов логической регрессии, дерева решений и случайного леса.

На основе анализа, производимой печатной платы и доступных возможностей системы AOI, были выделены приоритетные параметры для создания систем прогнозирования брака.

Исходные данные AOI включают:

– Геометрические параметры:

- Смещения по осям (X, Y, Z);
- Угол поворота
- Размер компонента

– Параметры паяного соединения:

- Площадь паяного соединения;
- Наплывы/натеки припоя;
- Смачиваемость

– Отсутствие компонента;

– Неправильный компонент;

– Повреждение компонента.

Сбор данных проводился в течение 30 рабочих смен. Количество печатных плат в выборке – 10000шт.

Полученные данные прошли предобработку: числовые данные нормализованы; категориальные представлены в виде числовых значений.[2]

В ходе работы были реализованы модели:

1. Логистическая регрессия.

Статистическая модель, используемая для прогнозирования вероятности возникновения некоторого события путём его сравнения с логистической кривой. Эта регрессия выдаёт ответ в виде вероятности бинарного события.

В процессе обучения алгоритм находит коэффициенты, которые максимизируют функцию правдоподобия.

2. Дерево решений.

Метод машинного обучения, который используют, чтобы разделить большой объём входных данных на относительно небольшие группы и прогнозировать наступление события в зависимости от определённых условий.

В процессе обучения алгоритм выбирает признак, которые эффективнее разделяет данные на классы. Процесс разделения на классы длится пока не будет достигнута максимальная глубина дерева. На стадии «листьев» присваивается преобладающий класс.

3. Случайный лес.

Случайный лес представляет собой ансамблевый метод обучения для классификации и регрессии, который действуют путем построения множества решающих деревьев [1]. Каждое дерево решений обучается на своей подвыборке и составляет свой прогноз.

Для проведения анализа эффективности каждого метода использовались следующие метрики:

- **Точность**. Метрика показывает какую часть проверенных печатных плат системой AOI были верно определены как «Брак» и «Ок».

- **Полнота.** Метрика показывает какую часть бракованных печатных плат может обнаружить система AOI.

- **F1-метрика.** Метрика показывает среднее гармоничное между точностью и полнотой

Результаты сравнительного анализа. Результаты оценки эффективности каждого метода представлены в таблице.

Таблица

Сравнительный анализ метрик эффективности

Метод	Точность	Полнота	F1-мерка	AUC-ROC
Логистическая регрессия	0,93	0,85	0,88	0,92
Дерево решений	0,91	0,87	0,89	0,94
Случайный лес	0,97	0,92	0,94	0,96

AUC-ROC – это метрика оценки качества бинарного классификатора, которая представляет собой площадь под ROC-кривой. ROC-кривая (характеристика приёмника) показывает зависимость между долей истинно положительных результатов (TPR, чувствительностью) и долей ложноположительных результатов (FPR, 1 – специфичностью) для различных порогов классификации (рис.). AUC численно выражает способность классификатора различать классы: чем выше AUC, тем лучше классификатор.[3]

На основе полученных данных можно сделать вывод: Случайный лес показал наилучшие результаты по всем метрикам, достигнув точности 97%, полноты 92% и F1-меры 94%. Это указывает на его высокую способность эффективно выявлять бракованные компоненты и минимизировать ложные срабатывания.

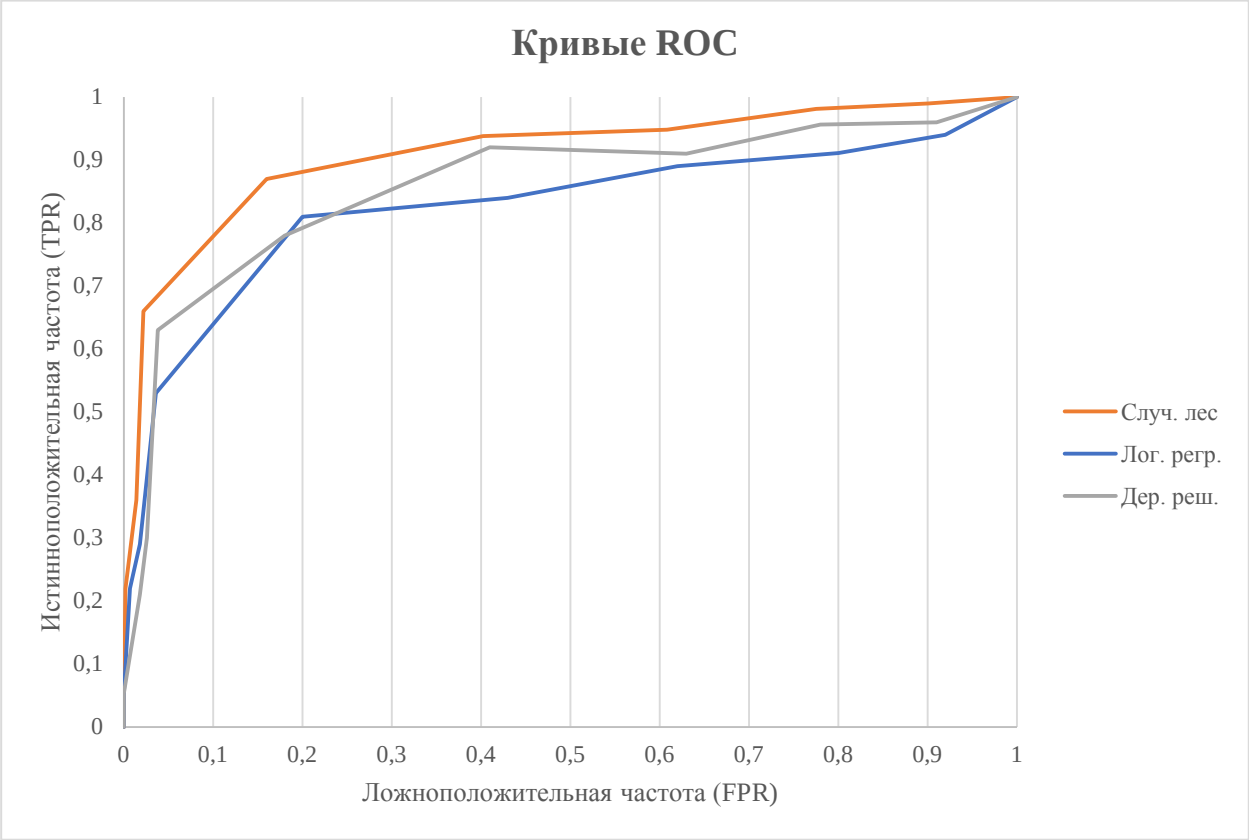


Рис. Кривые ROC для используемых методов

Список литературы

1. Глухова А.И. Сущность метода принятия управленческих решений «дерево решений»// Master's Journal. 2014. № 2. С. 316-321.

2. Федоров В.К. Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств/ Н.П. Сергеев., А.А. Кондрашин – Москва: Техносфера, 2005-504с.

3. Powers D. Estimation: from accuracy, recall and F-measurement to ROC, informativeness, labelling and correlation//Journal of Machine Learning Technology. 2011. Vol. 2(1).

Бокарева А.Д.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
alina.bokarevaa2001@mail.ru
Адылина А.П.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
dmitr1eva@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО УЧЕТА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Аннотация. В статье рассматриваются традиционные системы учёта средств измерений (СИ) и современные тенденции их развития на основе технологий искусственного интеллекта (ИИ). Анализируется процесс интеграции ИИ в метрологию, включая автоматизацию учё-

та, прогнозирование сроков поверки и диагностику состояния СИ. Выделяются ключевые преимущества использования ИИ. Особое внимание уделяется возможным вариантам внедрения интеллектуальных систем в практику метрологического обеспечения.

Ключевые слова: искусственный интеллект, метрологический учет, средства измерений, машинное обучение, калибровка, поверка, автоматизация, метрологическая служба.

Bokareva A.D.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
alina.bokarevaa2001@mail.ru
Adylina A.P.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
dmitr1eva@mail.ru

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE SYSTEM OF METROLOGICAL ACCOUNTING OF MEASURING INSTRUMENTS

Abstract. The article examines traditional metrological accounting systems for measuring instruments (SI) and current trends in their development based on artificial intelligence (AI) technologies. The process of integrating AI into metrology is analyzed, including accounting automation, forecasting the timing of verification, and diagnosing the state of SI. The key advantages of using AI are highlighted. Special attention is paid to possible options for the implementation of intelligent systems in the practice of metrological support.

Keywords: artificial intelligence, metrological accounting, measuring instruments, machine learning, calibration, verification, automation, metrological service.

Метрологический учет средств измерений (СИ) – важная часть обеспечения единства измерений. В эпоху цифровизации все больше внимания уделяется внедрению искусственного интеллекта (ИИ), автоматизирующего контроль и управление СИ. В России уже разработаны стандарты, регулирующие применение ИИ в СИ. Например, ГОСТ Р 71562-2024 устанавливает требования к метрологическому обеспечению СИ на основе ИИ. Они способны эффективно измерять многомерные параметры величин, обеспечивая высокую точность и автоматизированную обработку данных. Одним из ключевых преимуществ является их многозадачность, позволяющая использовать такие системы в различных сферах метрологии. Однако применение сильного ИИ в измерительных приборах приводит к определенным ограничениям, в частности, к снижению прозрачности и объяснимости алгоритмов, используемых для получения результатов измерений [1].

Метрологический учет средств измерений

Учёт средств измерений (СИ) традиционно ведётся несколькими способами. В небольших организациях до сих пор используется ручное ведение документации, где информация о СИ фиксируется в бумажных журналах или карточках. Также распространено использование электронных таблиц, таких как Excel. Это позволяет структурировать данные, но не решает проблему необходимости их ручного обновления. Пример ведения реестра СИ подобным образом приведен на рисунке 1.

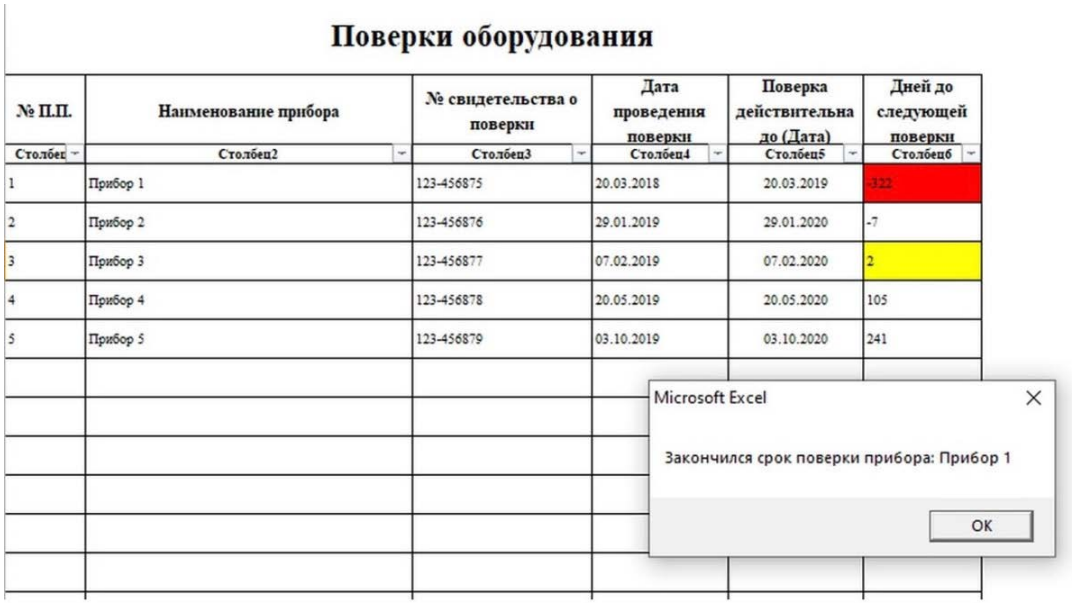


Рис. 1. Электронная таблица с графиков поверки СИ

Любая компания может столкнуться с такой проблемой, как систематизация необходимой информации и автоматизация работы с ней. Поскольку организации в своей деятельности накапливают большие объемы данных, то появляется задача в создании современной корпоративной информационной системы, охватывающей все аспекты предприятия и предоставляющей достоверную и актуальную для них информацию по вопросам, связанным с деятельностью предприятия [3].

Некоторые предприятия внедряют локальные информационные системы, разработанные метрологическими службами или приобретённые у сторонних разработчиков. Пример подобной системы представлен на рисунке 2.

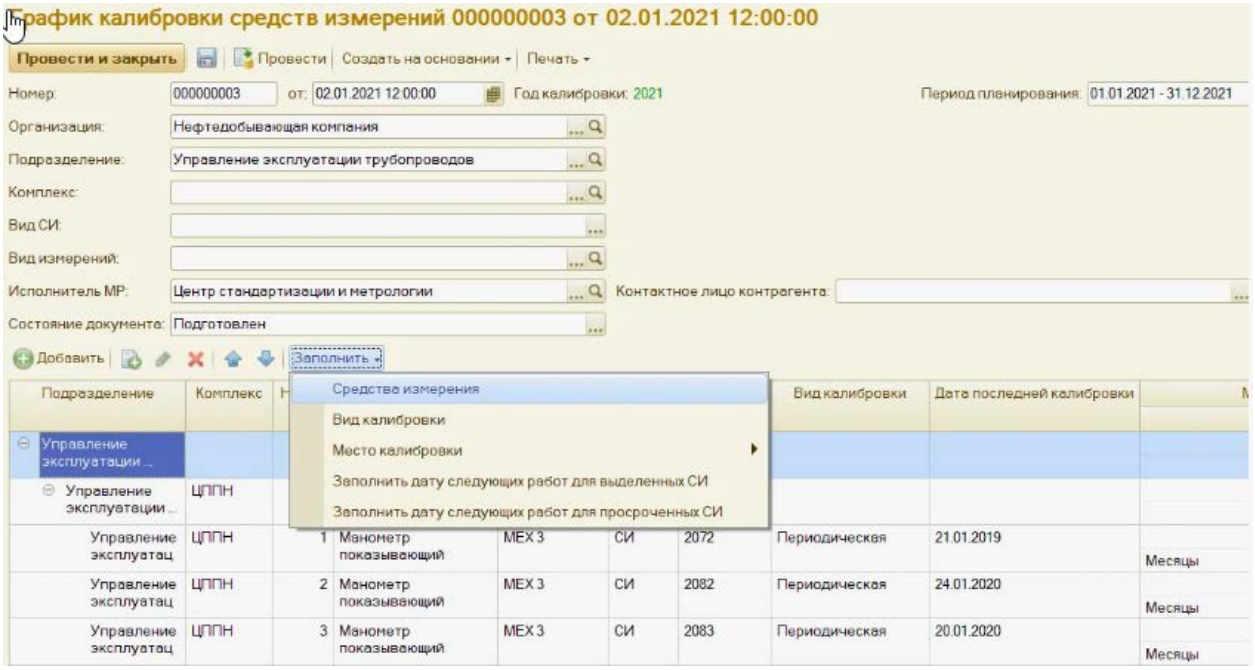


Рис. 2. Интерфейс программы с графиками поверки СИ

В крупных организациях применяются централизованные базы данных, объединяющие информацию о СИ со всех подразделений. Несмотря на это, процесс актуализации информации остаётся ручным, что снижает эффективность учёта.

Традиционные методы учёта обладают рядом существенных недостатков. Прежде всего, они зависят от человеческого фактора, что может привести к ошибкам при вводе данных, несвоевременному обновлению и пропуску сроков поверки. Процесс учёта занимает много времени, особенно в крупных организациях, где насчитывается тысячи средств измерений (СИ).

Существует риск потери или искажения данных: бумажные журналы со временем ветшают, а файлы Excel или базы данных могут быть повреждены из-за сбоев в оборудовании.

Интеграция ИИ в метрологический учет имеет множество преимуществ. Прежде всего, она повышает точность и надежность учета за счет исключения человеческих ошибок. Для машиностроения одним из важных критериев является качество выпускаемой продукции. Проведя анализ использования ИИ на предприятиях для контроля качества, можно увидеть, что внедрение системы является одним из наиболее перспективных направлений развития предприятия. Искусственный интеллект может помочь оптимизировать процессы контроля качества, повысить точность и скорость обработки данных, а также снизить количество ошибок [2].

Несмотря на преимущества, внедрение ИИ в метрологический учет сопряжено с рядом рисков. Одним из них является сложность интеграции с устаревшими информационными системами предприятий, не поддерживающими современные алгоритмы.

Еще один риск – значительные финансовые вложения в разработку и внедрение интеллектуальных систем, включая программное обеспечение, обучение персонала и модернизацию инфраструктуры. Это может быть проблемой для малых и средних предприятий.

Рекомендации по внедрению ИИ в метрологические службы

Первым шагом к внедрению ИИ является анализ текущей системы учета СИ на предприятии для выявления проблем с ручным вводом данных, актуализацией и аналитикой. Анализ поможет определить процессы для автоматизации, оценить уровень цифровизации и возможности интеграции новых технологий. Следующим шагом является выбор оптимальной платформы для ИИ. Это могут быть индивидуальные программные решения, облачные платформы с элементами машинного обучения или интеграция ИИ-модулей в системы управления предприятием (ERP, АСУ ТП).

Обучение персонала – важный аспект внедрения ИИ. Сотрудники метрологических служб должны освоить работу с новыми системами, адаптировать регламентные документы и научиться взаимодействовать с интеллектуальными алгоритмами при принятии решений.

Интеллектуальные системы должны соответствовать национальным стандартам в области метрологии и ИИ, а также обладать надежной защитой от кибератак. Необходимо разработать политику безопасности данных, проводить регулярный аудит работы систем и предусмотреть механизмы защиты информации.

Интеграция искусственного интеллекта в метрологический учет возможна через ERP-системы, облачные платформы и специализированные ИИ-инструменты. Это автоматизирует учет, анализирует данные поверки, прогнозирует неисправности и формирует графики технического обслуживания.

Системы NLP будут автоматически распознавать и классифицировать метрологические документы, внося данные в базы учета. Чат-боты и голосовые ассистенты помогут персоналу получать информацию о поверках, заполнять документы и управлять заявками на обслуживание.

Внедрение искусственного интеллекта в метрологические службы открывает новые возможности. Оно повышает точность учета средств измерений (СИ), сокращает ошибки, оптимизирует затраты и делает процессы более эффективными. Однако для успешной реализации проектов требуется комплексный подход: модернизация инфраструктуры, интеграция с системами управления и подготовка персонала. Следуя этим рекомендациям, предприятия смогут успешно адаптировать ИИ-технологии и повысить уровень цифровизации метрологического учета.

Список литературы

1. ГОСТ Р 71562-2024. Средства измерений на основе искусственного интеллекта. Метрологическое обеспечение. Общие требования. – М.: Российский институт стандартизации, 2024.

2. Кулагин, А. К. Внедрение инновационных проектов в машиностроении / А. К. Кулагин, А. Н. Феофанов // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2022. – № 10. – С. 52-54. – DOI 10.26160/2541-8637-2022-10-52-54. – EDN RLAASZ.

3. Боткина, М. И. Применение современных информационных систем на предприятии / М. И. Боткина // СМиС-2023. Технология управления качеством = SMaC 2023. Quality management technology: Материалы Международной научно-технической конференции = Proceedings of the International Scientific and Technical Conference, Москва, 17–19 мая 2023 года. – Москва: Московский политехнический университет, 2023. – С. 450-454. – EDN YJSXWG.

Хазов В.В.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
wladhazow@gmail.com

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Аннотация. Работа посвящена разработке и применению интеллектуальной системы мониторинга неисправностей в энергетической отрасли. Представлена архитектура системы, основанная на интеграции данных с датчиков, алгоритмов машинного обучения и экспертных знаний. Описываются методы обработки данных, выявления аномалий и прогнозирования отказов оборудования. Рассматриваются преимущества системы, включающие повышение надежности работы электростанций, снижение затрат на обслуживание и предотвращение аварийных ситуаций.

Ключевые слова: IoT-технологии, искусственный интеллект, мониторинг, управление качеством, энергетика.

Khazov V.V.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
wladhazow@gmail.com

INTELLIGENT FAULT MONITORING SYSTEM IN THE ENERGY INDUSTRY

Abstract. The paper is devoted to the development and application of an intelligent fault monitoring system in the energy industry. The architecture of the system based on the integration of sensor data, machine learning algorithms and expert knowledge is presented. Methods of data processing, anomaly detection, and equipment failure prediction are described. The advantages of the system are considered, including improving the reliability of power plants, reducing maintenance costs and preventing emergencies.

Keywords: IoT technologies, artificial intelligence, monitoring, quality management, energy.

В эпоху Индустрии 4.0 совершенствование интеллектуального производства и автоматизации принесло новые проблемы и возможности энергосистеме. Как основная инфраструктура современной промышленности, эффективность и стабильность работы энергосистемы напрямую влияют на оптимизацию и устойчивое развитие всего производственного процес-

са. С ростом мирового спроса на энергию эффективное использование тепловой энергии стало важным фактором для содействия модернизации энергосистем. В процессе эксплуатации традиционная энергосистема часто сталкивается с проблемой потерь тепла, такой как перегрев оборудования, недостаточное охлаждение или потеря тепла. Это не только приводит к увеличению потребления энергии, но и может вызвать отказы оборудования, что может повлиять на непрерывность и безопасность производства. Поэтому оптимизация управления теплом является ключом к улучшению производительности энергосистемы, снижению эксплуатационных расходов и достижению устойчивого развития.

Быстрое развитие технологий Интернета вещей предоставляет новые идеи и средства для решения этой проблемы. Развертывание датчиков и интеллектуальных устройств, которые отслеживают поток тепловой энергии в энергосистеме и то, как он изменяется в режиме реального времени, позволяет точнее определить потенциальные точки потери тепла и источники отказов. Технология Интернета вещей может реализовать сбор и анализ данных в реальном времени, предоставить научную основу для оптимизации тепловой энергии и помочь лицам, принимающим решения, разработать эффективные стратегии обслуживания. В этом контексте изучение схемы оптимизации тепловой энергии на основе технологии Интернета вещей не только помогает улучшить диагностику неисправностей и возможности интеллектуального обслуживания энергосистемы, но и обеспечивает прочную основу для реализации целей зеленого производства, энергосбережения и сокращения выбросов. Благодаря эффективному управлению теплом энергосистема может повысить эффективность использования ресурсов и способствовать промышленной трансформации и модернизации, а также устойчивому развитию при условии обеспечения безопасности и стабильности.

Диагностика неисправностей в энергосистеме Индустрии 4.0 также требует сначала определения причины, а затем принятия соответствующих мер для устранения конкретных проблем. В энергосистемах Industry 4.0 не все аномалии называются неисправностями. Неисправность относится к неспособности системы работать в соответствии с установленным рабочим состоянием, то есть оборудование не может нормально работать в соответствии с предопределенной функцией [6]. Аномальные состояния можно разделить на состояния неисправности и аномальные рабочие состояния. Установив датчики и контрольное оборудование на линии электропередачи, можно добиться сбора данных в реальном времени и передачи линии. Затем технология Интернета вещей используется для передачи этих данных в центральный центр управления или облачную платформу для анализа и обработки. Технология многоточечного совместного анализа данных может использоваться для сравнения и анализа тока, напряжения, температуры и других данных линий электропередачи, определения наличия отклонения тока или аномалии напряжения, и, таким образом, определения наличия неисправности линии [8]. С помощью анализа больших данных и методов машинного обучения можно создавать модели прогнозирования неисправностей, которые постоянно оптимизируются и обновляются. Это может обеспечить раннее предупреждение и предотвращение потенциальных неисправностей на линии.

Появление технологии Интернета вещей (IoT) предоставляет новые решения для оптимизации тепловой энергии. Устанавливая датчики в энергооборудовании и системах, можно контролировать и собирать эксплуатационные данные, включая температуру, давление и расход, в режиме реального времени. Эти данные можно использовать для оценки производительности системы и выявления потенциальных потерь энергии. Например, многие исследователи успешно сократили потребление энергии, используя технологию IoT для управления тепловой энергией подстанций и линий электропередачи. В этом процессе Интернет вещей не только предоставляет платформу для сбора данных, но и помогает менеджерам понять рабочее состояние системы в реальном времени посредством анализа и обработки данных, чтобы сформулировать разумный план оптимизации. В последние годы многие ученые выдвинули множество методов и приемов для оптимизации тепловой энергии. Во-первых, прогнозное управление на основе моделей (MPC) широко используется в тепловом управлении энергосистемами. Реализуя динамическую оптимизацию системы, MPC эффективно повышает эффективность использования тепловой энергии.

Интеллектуальные алгоритмы, такие как генетический алгоритм и оптимизация роя частиц (PSO), также были введены в исследования тепловой оптимизации. Исследования показывают, что эти интеллектуальные алгоритмы имеют хорошую производительность при решении сложных нелинейных задач оптимизации.

Например, энергетическая компания развернула датчики Интернета вещей в генераторной установке для контроля рабочей температуры и теплового потока, составляя регулярные планы технического обслуживания и оптимизации (рис. 1).

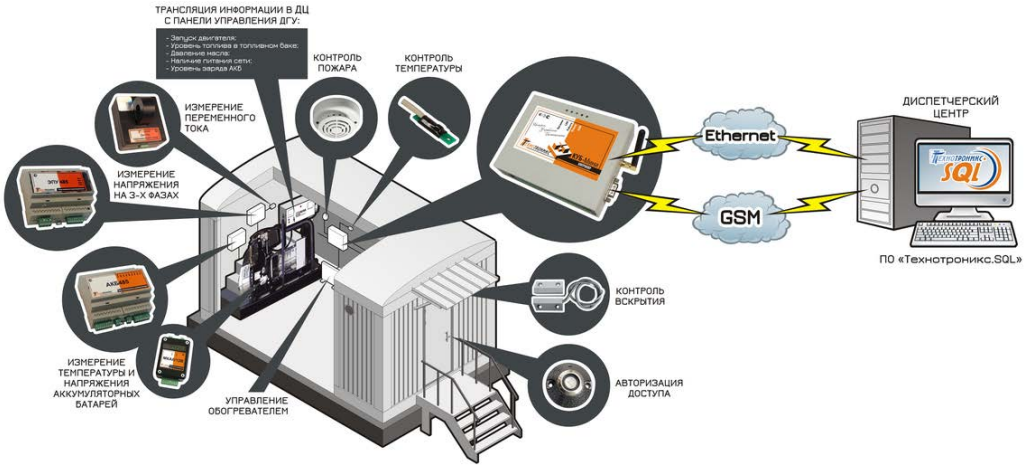


Рис. 1. Применение средств мониторинга компании «Технотроникс» в дизель-генераторной установке

При внедрении тепловой оптимизации компания сообщила о 15-процентном повышении тепловой эффективности и 20-процентном снижении частоты отказов оборудования. Такие успешные случаи доказывают практическую ценность оптимизации тепловой энергии в энергосистеме.

Технология RFID (радиочастотная идентификация) – это технология, которая идентифицирует цели с помощью радиочастотных сигналов без необходимости вмешательства человека и получает информацию о целях (рис. 2). По сравнению со штрихкодами, требующими сканирования на близком расстоянии, метки RFID можно считывать с расстояния в несколько метров и даже больше. Это делает технологию RFID более эффективной и удобной для управления и отслеживания крупногабаритных объектов. Технология RFID имеет широкий спектр применения, охватывая различные отрасли и сферы. Благодаря внедрению автоматической идентификации и управления технология RFID может повысить эффективность работы, безопасность и точность, привнося революционные изменения и развитие в различные отрасли.



Рис. 2. Модель RFID-технологии

Технология ZigBee подходит для передачи данных на близком расстоянии и передачи данных с низкой скоростью. Ее основными характеристиками являются короткое расстояние передачи, низкое энергопотребление, низкая скорость передачи и большой масштаб сети. ZigBee использует конструкцию с низким энергопотреблением и может работать в течение длительного времени на устройствах с питанием от батареи, что подходит для сценариев, требующих длительного беспроводного подключения (рис. 3).

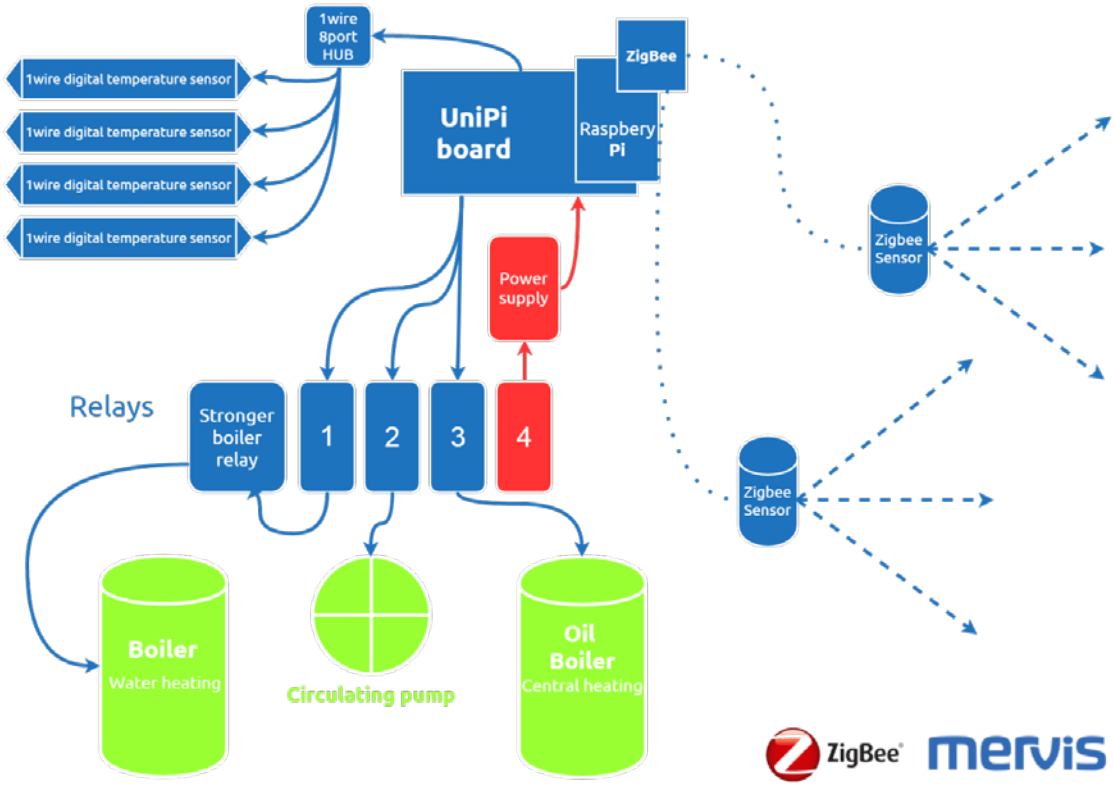


Рис. 3. Принципиальная схема работы датчиков на основе Zigbee на мини-ТЭЦ

Эти характеристики делают ее важной технологией связи в области Интернета вещей. Она может взаимодействовать с другими технологиями беспроводной связи, такими как Wi-Fi, Bluetooth и т. д., для создания более комплексных решений IoT.

Внедрение интернета вещей (IoT) на проблемные участки мини-ТЭЦ (теплоэлектрических центральных) имеет несколько важных обоснований, которые могут значительно повысить эффективность и надежность работы таких предприятий. Вот некоторые основные причины:

1. Мониторинг в реальном времени: Internet of Things позволяет устанавливать датчики для мониторинга ключевых параметров работы оборудования (температура, давление, уровень топлива и т.д.) в реальном времени. Это обеспечивает возможность быстрого реагирования на потенциальные проблемы и предотвращения аварий.
2. Предиктивное обслуживание: при помощи анализа данных, полученных с датчиков, можно предугадывать возможность выхода из строя оборудования. Это позволяет планировать техническое обслуживание заранее, минимизируя простои и увеличивая надежность работы мини-ТЭЦ.
3. Оптимизация процессов: IoT может помочь в автоматизации и оптимизации процессов, например, в управлении распределением энергии и тепла, что улучшает общую эффективность работы ТЭЦ и снижает эксплуатационные затраты.
4. Энергоэффективность: Внедрение IoT-технологий позволяет выявлять неэффективные участки в процессе производства и распределения энергии, тем самым способствуя снижению энергозатрат и уменьшению углеродного следа.

5. Сбор и анализ данных: IoT-устройства собирают большое количество данных, которые затем могут использоваться для анализа и улучшения процессов. Это может включать в себя как регулярные отчеты о работе, так и использование продвинутых методов машинного обучения для выявления трендов и оптимизации работы.

Список литературы

1. J. Cui, T. Chai, X. Liu «Экономическая модель прогнозирования на основе глубокой нейронной сети для сверхкритической электростанции», IEEE Транс. Индийский информат., 16 (2020), стр. 5905 – 5913.

2. X. Ma, T. Пэн, K. Чжан, K. Цзи, Ю. Ли, M. Назир «Разработка эволюционной структуры глубокого обучения с выбором случайных признаков леса и улучшенным алгоритмом направления потока для прогнозирования концентрации NOx», IEEE Trans. Ind. Electron. 123 (2023), статья 106367

3. Л. Вэй, Ф. Фан «Координированное управление на основе H∞-LQR для крупных угольных котлотурбинных установок», IEEE Trans. Ind. Electron., 64 (2017), стр. 5212 – 5221

4. A.X. Ассефинеджад, A. Керманпур, A.M. Эслами, Дж. Кангазян, «Исследование отказов экранных труб барабанного котла тепловой электростанции» Англ. Fail. Anal., 118 (2020), Статья 104869

5. J. Miao, J. Wang, Q. Miao «Усовершенствованный метод многофункционального слияния для диагностики неисправностей вращающихся компонентов в различных рабочих условиях» IEEE Trans. Reliab., 70 (2021), стр. 1611 – 1620

6. Л. Вэй, Цюй Чжоу, Н. Ли, «Экспериментальное исследование и имитационный анализ нагрева и деформации в водяных экранах котла с противоточным сжиганием в гибких условиях эксплуатации» Прикладная термическая инженерия, 213 (2022), статья 118726

Огородникова Д.Р.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
Ogorodnikovadasha17@gmail.com
Адылина А.П.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
dmitr1eva@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОЦЕССЕ ДЕКЛАРИРОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к оценке рисков в процессе декларирования продукции с использованием искусственного интеллекта. Анализируются ограничения традиционных методов, описываются технологии машинного обучения и их применение для автоматизации оценки рисков, повышения точности анализа и предотвращения нарушений. Представлена методика внедрения ИИ в процесс декларирования, а также примеры его успешного использования в различных отраслях. Делается вывод о необходимости цифровизации данной сферы для повышения эффективности и надежности контроля продукции.

Ключевые слова: декларирование продукции, оценка рисков, искусственный интеллект, машинное обучение, автоматизация, нормативные требования, безопасность продукции.

Ogorodnikova D.R.
Student, Department of «Standardization, Metrology and Certification»
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Ogorodnikovadasha17@gmail.com
Adylina A.P.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
dmitr1eva@mail.ru

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE PRODUCT DECLARATION PROCESS

Abstract. This article explores modern approaches to risk assessment in the product declaration process using artificial intelligence. It examines the limitations of traditional methods and discusses how machine learning technologies can be applied to automate risk analysis, enhance accuracy, and prevent violations. The paper presents a structured methodology for integrating AI into product declaration and provides real-world examples of its application across industries. It concludes that digital transformation is essential for improving efficiency and ensuring the reliability of product compliance control.

Keywords: product declaration, risk assessment, artificial intelligence, machine learning, automation, regulatory compliance, product safety.

Современные технологии стремительно меняют традиционные подходы к сертификации и декларированию продукции. Искусственный интеллект (ИИ) уже активно применяется в промышленности, финансах, здравоохранении и других сферах, где требуется анализ больших объемов данных и оценка потенциальных рисков. Однако в области декларирования товаров его использование пока остается на ранних этапах.

Процесс декларирования продукции требует высокой точности, так как он напрямую связан с вопросами безопасности, соответствия нормативным требованиям и соблюдения регуляторных стандартов. Ошибки на любом этапе – от сбора данных до принятия решения – могут привести к серьезным последствиям: выходу на рынок некачественной продукции, штрафам, отзыву товаров или даже запрету их реализации. Традиционные методы анализа рисков в этом процессе оказываются не всегда эффективными, поскольку требуют значительных временных затрат, ручной проверки данных и зависят от квалификации экспертов.

ИИ может радикально изменить ситуацию, предложив автоматизированные методы оценки рисков, способные анализировать большие объемы информации, выявлять закономерности и предлагать оптимальные решения. В данной статье рассмотрим, какие проблемы существуют в классических методах оценки рисков, какие технологии машинного обучения могут быть использованы в декларировании продукции и как именно следует внедрять ИИ в этот процесс.

До появления цифровых технологий оценка рисков при декларировании продукции базировалась на ручном сборе информации, использовании статистических методов и экспертном анализе. Эти методы включают:

- Анализ нормативной документации – специалисты вручную проверяют соответствие продукции техническим регламентам и стандартам.
- Использование стандартных расчетов – вероятность возникновения рисков оценивается с помощью таблиц, формул и вероятностных моделей.
- Экспертная оценка – специалисты оценивают соответствие продукции требованиям на основании собственного опыта и знаний.

Хотя эти подходы доказали свою эффективность, они имеют ряд существенных недостатков. Во-первых, обработка информации занимает слишком много времени. Анализ

большого количества нормативных документов, технических характеристик продукции и исторических данных требует значительных усилий, особенно если нормативные требования постоянно меняются.

Во-вторых, человеческий фактор всегда остается слабым звеном. Результаты анализа зависят от опыта и квалификации эксперта, а вероятность ошибок или субъективных решений достаточно высока. В сложных случаях разные специалисты могут прийти к разным выводам, что усложняет принятие окончательного решения.

Наконец, традиционные методы плохо адаптируются к новым вызовам. В условиях глобального рынка, где законодательные нормы часто меняются, а количество товаров постоянно растет, ручные методы анализа теряют актуальность. Они не способны оперативно учитывать новые тенденции, что увеличивает риск выхода на рынок продукции с нарушениями.

ИИ предлагает принципиально новый подход к анализу рисков, позволяя автоматизировать обработку данных, повышать точность прогнозов и сокращать время анализа. Одним из ключевых преимуществ является способность машинного обучения анализировать большие объемы информации и находить закономерности, которые невозможно выявить вручную.

ИИ может оперативно обрабатывать нормативные документы, технические регламенты и стандарты, автоматически сопоставляя их с характеристиками продукции. Это позволяет выявлять несоответствия на ранних этапах, рекомендовать корректировки в документации и автоматически обновлять требования при изменении законодательства.

Кроме того, алгоритмы машинного обучения способны анализировать исторические данные о случаях отказов в регистрации, отзывах продукции и штрафах. На основе этой информации ИИ может прогнозировать потенциальные проблемы и предупреждать о возможных нарушениях задолго до подачи декларации.

Применение ИИ также снижает риск человеческих ошибок. Вместо субъективных экспертных оценок используются точные алгоритмические модели, которые принимают во внимание объективные факторы. В результате процесс декларирования становится более прозрачным и предсказуемым.

Для эффективного анализа рисков в процессе декларирования продукции можно использовать различные модели машинного обучения.

- Деревья решений (Decision Trees) – позволяют классифицировать продукцию по степени риска, анализируя её характеристики и соответствие нормативным требованиям.

- Градиентный бустинг (XGBoost, LightGBM) – мощный инструмент для выявления сложных зависимостей между параметрами продукции и вероятностью отказа в сертификации.

- Нейронные сети – могут использоваться для многомерного анализа, прогнозирования вероятности нарушений и выявления скрытых закономерностей.

- Методы кластеризации (K-Means, DBSCAN) – помогают группировать продукцию по категориям риска, выявляя наиболее проблемные сегменты.

Каждый из этих методов может быть адаптирован к специфике различных отраслей. Например, в пищевой промышленности нейросети могут анализировать данные о составе продукции и условиях её производства, а в химической промышленности – автоматически проверять соответствие состава требованиям безопасности.

Для успешного внедрения искусственного интеллекта в процесс декларирования продукции необходимо четко структурировать процесс анализа рисков. Методика включает несколько ключевых этапов:

1. Определение целей и области применения – сначала необходимо определить, для каких категорий продукции разрабатывается методика и какие параметры оценки являются критическими.

2. Сбор и подготовка данных – на этом этапе формируется база нормативных документов, анализируются исторические данные и составляются основные критерии оценки.

3. Идентификация рисков – разрабатывается перечень возможных угроз, включая несоответствие техническим требованиям, риски безопасности и вероятность отказа в регистрации.

4. Выбор методов ИИ – определяется, какие модели машинного обучения будут наиболее эффективны для конкретной продукции.

5. Моделирование рисков – создается прогнозная модель, оценивающая вероятность выявления несоответствий.

6. Оценка и прогнозирование – анализируется вероятность наступления рисков и их влияние на разные параметры продукции.

7. Принятие решений – разрабатываются рекомендации по снижению рисков и корректировке документации.

8. Отчетность – создаются автоматизированные отчеты, содержащие результаты анализа и прогнозные оценки.

ИИ уже активно применяется в разных отраслях. В финансовом секторе JPMorgan использует машинное обучение для анализа транзакций и выявления подозрительных операций. В промышленности ИИ помогает прогнозировать поломки оборудования, снижая затраты на ремонт и предотвращая аварии.

В сфере декларирования продукции ИИ также показывает высокую эффективность. В пищевой промышленности алгоритмы помогают предсказывать риски нарушения санитарных норм. В химической отрасли – автоматически проверять состав продукции. В электронике – анализировать продукцию на предмет наличия запрещенных веществ.

Использование ИИ в декларировании продукции позволяет значительно сократить время анализа, повысить точность оценки рисков и минимизировать вероятность отказов в регистрации. В условиях растущих объемов информации и ожесточающихся регуляторных требований автоматизация становится не просто удобством, а необходимостью. Внедрение технологий машинного обучения делает процесс декларирования более прозрачным, предсказуемым и безопасным, обеспечивая высокое качество продукции и защиту потребителей.

Список литературы

1. ISO/IEC 27005:2018. Information security risk management. Geneva: International Organization for Standardization, 2018.

2. NIST. NIST SP 800-37. Risk Management Framework for Information Systems and Organizations: A System Life Cycle Approach for Security and Privacy [Электронный ресурс]. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 2023. https://www.nist.gov/itl/ai-risk-management-framework (дата обращения: 29.04.2025).

3. NIST. NIST Artificial Intelligence Risk Management Framework: Generative AI Profile [Электронный ресурс]. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 2024. https://www.nist.gov/itl/ai-risk-management-framework (дата обращения: 29.04.2025).

4. Абрамов А. С., Дмитриев А. А. Разработка концепции выявления и оценки рисков как инструмента повышения эффективности электронного декларирования таможенного транзита // Управленческое консультирование. 2018. № 11. URL: https://www.acjournal.ru/jour/article/view/929 (дата обращения: 29.04.2025).

5. Дмитриев А. А. Применение семантических индикаторов риска в таможенном контроле // Управленческое консультирование. 2017. № 9.

6. Козлова Е. А. Оценка рисков информационной безопасности с помощью метода нечеткой кластеризации // Молодой ученый. 2013. № 10. С. 125–128. URL: https://moluch.ru/ archive/52/6967/ (дата обращения: 29.04.2025).

7. Chan A. Can AI Be Used for Risk Assessments? [Электронный ресурс] // ISACA. 2023. URL: https://www.isaca.org/resources/news-and-trends/industry-news/2023/can-ai-be-used-for-risk-assessments (дата обращения: 29.04.2025).

8. Бушков Н. Управление рисками ИИ в программной инженерии [Электронный ресурс] // HighTech+. 2025. URL: https://hightech.fm/2025/04/27/programming-ai-risks (дата обращения: 29.04.2025).

9. CRAMM и FAIR: Методологии оценки рисков с поддержкой ИИ [Электронный ресурс] // Security Vision. 2021. URL: https://www.securityvision.ru/blog/upravlenie-riskami-informatsionnoy-bezopasnosti-konspekt-lektsii/ (дата обращения: 29.04.2025).

Филатикова М.Е.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
filatikova27@gmail.com
Адылина А.П.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
dmitr1eva@mail.ru

РАЗРАБОТКА СТАНДАРТОВ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Аннотация. Статья посвящена разработке стандартов с использованием технологий искусственного интеллекта (ИИ). В работе рассматриваются возможности ИИ в автоматизации процессов стандартизации, включая анализ больших объемов данных, моделирование и оптимизацию требований. Статья также затрагивает этические аспекты использования ИИ в данной области и перспективы дальнейшего развития технологии.

Ключевые слова: искусственный интеллект, разработка стандартов, этические аспекты ИИ, стандартизация.

Filatikova M.E.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
filatikova27@gmail.com
Adylina A.P.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
dmitr1eva@mail.ru

DEVELOPING STANDARDS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Abstract. The article is devoted to the development of standards using artificial intelligence (AI) technologies. The paper examines the possibilities of AI in the automation of standardization processes, including the analysis of large amounts of data, modeling and optimization of requirements. The article also touches on the ethical aspects of using AI in this field and the prospects for further development of the technology.

Keywords: artificial intelligence, standards development, ethical aspects of AI, standardization.

В современном мире, где технологии стремительно развиваются, роль искусственного интеллекта (ИИ) становится всё более значимой во многих сферах деятельности человека. Одним из перспективных направлений применения ИИ является разработка стандартов – документов, устанавливающих правила, нормы и требования к различным процессам, продуктам и услугам. Использование ИИ позволяет автоматизировать и оптимизировать этот процесс, делая его более эффективным и менее подверженным человеческим ошибкам.

Целью этой работы будет исследование возможности и перспективы использования искусственного интеллекта (ИИ) в процессе разработки стандартов, оценить потенциал автоматизации и унификации подходов, а также определить ключевые аспекты интеграции ИИ, обеспечивающие сохранение значимой роли человеческого фактора в стратегическом управлении. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Изучить современные подходы и технологии искусственного интеллекта, применимые к процессу разработки стандартов.
- Проанализировать преимущества и риски внедрения ИИ в стандартизацию, включая автоматизацию рутинных процессов и улучшение качества стандартов.
- Разработать рекомендации по постепенному и осторожному внедрению ИИ в процесс разработки стандартов, учитывая этические, правовые и социальные аспекты.

Классическая система разработки стандарта представляет собой сложный многоступенчатый процесс, направленный на создание нормативной документации, регламентирующей требования к продукции, услугам, процессам и методикам оценки соответствия. Эта система применяется в различных отраслях промышленности, науки и техники и служит основой для достижения единообразия, безопасности и совместимости продуктов и услуг.

Основные этапы классической системы разработки стандарта:

- Определение потребности в создании нового стандарта или пересмотре существующего.
- Формирование рабочей группы: Создание команды экспертов, представляющих различные стороны, такие как производители, потребители, ученые, государственные органы и другие заинтересованные организации. Рабочая группа разрабатывает проект стандарта.
- Разработка проекта стандарта.

Проект стандарта рассылается для общественного обсуждения и получения отзывов от всех заинтересованных сторон. На основе полученных комментариев вносятся изменения и улучшения в документ.

- Утверждение стандарта.

Внедрение стандарта в практику через обучение персонала, разработку соответствующих методик и процедур контроля. Проводятся регулярные проверки на соответствие требованиям стандарта.

Ограничения классической системы:

–Медленная адаптация.

–Риски бюрократии.

–Ограниченные ресурсы.

Оценка преимуществ и возможных рисков внедрения

Главным преимуществом внедрения нейронных сетей в алгоритмы разработки стандартов является автоматизация многих процессов. Искусственный интеллект может помочь оптимизировать процессы контроля качества, повысить точность и скорость обработки данных, а также снизить количество ошибок. [6]

Также алгоритмы глубокого обучения позволяют находить оптимальные параметры для различных процессов и систем, что особенно важно при разработке стандартов для производственных отраслей. Это приводит в возможности получать более четкий результат.

Проблема интерпретируемости: Многие нейронные сети функционируют как «черные ящики», где трудно объяснить, каким образом были получены результаты. Это может вызвать трудности в обосновании принятых решений и стандартов.

Необходимость качественных данных: Эффективность нейронных сетей сильно зависит от объема и качества тренировочных данных. Недостаточная репрезентативность данных может привести к ошибочным выводам и стандартам низкого качества. Это означает инвестиции в такие технологии, как искусственный интеллект, большие данные и Интернет вещей, чтобы сделать операции более эффективными, устойчивыми и прибыльными. [7]

Этические и юридические вопросы: Автоматизированные решения могут содержать предвзятости, заложенные в исходных данных, что требует тщательного аудита и соблюдения этических норм при разработке стандартов.

Технические сложности: Внедрение нейронных сетей требует значительных вычислительных ресурсов и высококвалифицированного персонала, что может ограничить доступность такой технологии для некоторых организаций.

Безопасность и устойчивость: Уязвимость нейронных сетей перед атаками и манипуляциями требует дополнительного внимания к вопросам кибербезопасности и устойчивости алгоритмов.

Практическое применение ИИ в процесс разработки

В данном разделе рассмотрим конкретный случай, когда использование искусственного интеллекта помогло сформулировать предложение для включения в национальный стандарт (ГОСТ Р), регулирующий эксплуатацию оборудования для производства продуктов разделения воздуха. Задача заключалась в определении пункта, учитывающего необходимость обследования оборудования старше 20 лет.

Начальство выдало запрос: какой пункт должен быть включен в стандарт, чтобы учитывать необходимость регулярного обследования оборудования для производства продуктов разделения воздуха, которое эксплуатируется более 20 лет? Требовалось предложить формулировку, которая будет ясной, точной и соответствующей нормам законодательства.

Для решения данной задачи был использован специализированный инструмент на основе искусственного интеллекта, который способен анализировать существующие стандарты, нормативные акты и техническую документацию, а также генерировать предложения на основе полученных данных.

ИИ обработал обширную базу нормативных актов, ГОСТов, международных стандартов и отраслевых рекомендаций, связанных с эксплуатацией промышленного оборудования. Используя накопленные знания и лингвистические модели, ИИ предложил следующую формулировку: «Оборудование для производства продуктов разделения воздуха, находящееся в эксплуатации более 20 лет, подлежит обязательному периодическому обследованию не реже одного раза в пять лет. Целью обследования является оценка технического состояния оборудования, выявление износа и определение мер по обеспечению безопасной и эффективной эксплуатации.

Предложенная формулировка была одобрена руководством и включена в проект стандарта. Она соответствует основным требованиям и рекомендациям, обеспечивает необходимую точность и полноту информации, а также легко интегрируется в существующую структуру документа.

Для успешного внедрения искусственного интеллекта необходимо:

 Создание междисциплинарной команды специалистов в области разработки стандартов, экспертов по ИИ, аналитиков данных.

– Постоянно обучать и тренировать ИИ-модели на собранных данных.

ИИ – это будущее стандартизации, но его внедрение должно происходить постепенно и осторожно. Важно найти баланс между преимуществами автоматизации и необходимостью сохранения человеческого участия в принятии стратегических решений. Унификация подхода к использованию ИИ в разработке стандартов могла бы стать важным шагом вперёд, обеспечив единообразие и повысив доверие к новым технологиям в этой сфере.

Список литературы

1. ГОСТ Р 1.2-2020. Правила разработки, утверждения, обновления, внесения поправок и отмены. – М.: Российский институт стандартизации, 2024.

2. ГОСТ Р 71671-2024. Системы поддержки принятия врачебных решений с применением искусственного интеллекта. Основные положения. – Утвержден Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт). – М., 2024. – 25 с.

3. ГОСТ Р 71657-2024. Технологии искусственного интеллекта в образовании. Функциональная подсистема создания научных публикаций. Общие положения. –Разработан Волгоградским государственным университетом. – М.: Стандартинформ, 2024. – 18 с.

4. ГОСТ Р 71598-2024. Системы искусственного интеллекта на водном транспорте. Общие положения. – Утвержден Росстандартом. – М., 2024. – 22 с.

5. ПНСТ 955-2024. Искусственный интеллект в машиностроении. Варианты использования. – Разработан Российским институтом стандартизации. – М., 2024. – 15 с.

6. Сидорова А.А., Петров В.В. Использование искусственного интеллекта в разработке технических стандартов // Цифровая экономика. – 2023. – № 4(52). – С. 45-58. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=55182718 (дата обращения: 01.10.2025).

7. Кузнецов И.М., Смирнова Е.А. Применение искусственного интеллекта для разработки отраслевых стандартов // Инновации и стандартизация. -2022. – Т. 15, №3. -С. 78-92. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=55182767 (дата обращения: 05.07.2024).

Чухнёв Н.Ю.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
Nchuhnev11@gmail.com
Ершов Д.С.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
ershov.metrolog@mail.ru

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПОИСКА ИНФОРМАЦИИ

Аннотация. В статье рассматриваются современные инновационные подходы к созданию и развитию информационно-измерительных систем (ИИС), направленные на оптимизацию поиска информации в условиях стремительного роста объёмов данных. Описаны ключевые технологические тренды, такие как интеграция с Интернетом вещей (IoT), применение граничных вычислений (Edge Computing), использование искусственного интеллекта и методов машинного обучения, внедрение технологий обработки больших данных и семантических подходов. Особое внимание уделено новым архитектурным решениям, включая микросервисные и облачные платформы, а также концепции цифровых двойников. Показано, что внедрение инноваций в ИИС позволяет существенно повысить эффективность, точность и релевантность поиска информации, а также открывает новые перспективы для интеллектуального анализа и принятия решений в различных сферах деятельности.

Ключевые слова: информационно-измерительные системы, инновации, оптимизация поиска информации, Интернет вещей, граничные вычисления, искусственный интеллект, машинное обучение, большие данные, цифровые двойники, микросервисная архитектура.

Chukhnev N.Yu.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Nchuhnev11@gmail.com
Ershov D.S.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ershov.metrolog@mail.ru

INFORMATION AND MEASURING SYSTEMS FOR OPTIMIZATION OF INFORMATION RETRIEVAL

Abstract. The article discusses modern innovative approaches to the creation and development of information and measurement systems (IMS) aimed at optimizing information retrieval in the context of rapid growth in data volumes. Key technology trends are described, such as integration with the Internet of Things (IoT), the use of edge computing, the use of artificial intelligence and machine learning methods, the introduction of big data processing technologies and semantic approaches. Particular attention is paid to new architectural solutions, including microservice and cloud platforms, as well as the concept of digital twins. It is shown that the introduction of innovations in the IIS allows for a significant increase in the efficiency, accuracy and relevance of information retrieval, and also opens up new prospects for intelligent analysis and decision-making in various fields of activity.

Keywords: information and measurement systems, innovations, information search optimization, Internet of Things, edge computing, artificial intelligence, machine learning, big data, digital twins, microservice architecture.

В условиях экспоненциального роста объёмов данных, характеризующего современный информационный ландшафт, эффективность поиска и обработки информации становится критически важным фактором для прогресса в любой сфере деятельности. Традиционные подходы к управлению данными демонстрируют свои ограничения, требуя новых, инновационных решений. Информационно-измерительные системы (ИИС), изначально предназначенные для автоматизированного сбора, измерения и передачи данных, претерпевают значительные трансформации, превращаясь в интеллектуальные комплексы, способные радикально оптимизировать процессы поиска информации.

Настоящая статья посвящена исследованию инновационных аспектов развития ИИС, их роли в повышении эффективности и точности информационного поиска. Будут рассмотрены ключевые технологические прорывы, методы и подходы, которые позволяют ИИС преодолевать вызовы современного мира больших данных и предоставлять качественно новые возможности для извлечения ценных знаний.

Изначально ИИС были ориентированы на выполнение точных измерений и автоматизацию сбора данных. Однако с появлением концепций Больших Данных (Big Data), Интернета вещей (IoT) и повсеместной цифровизации, роль ИИС значительно расширилась. Теперь от них требуется не просто сбор, но и интеллектуальная обработка, анализ и предоставление контекстно-зависимой информации. Это вызвало необходимость в фундаментальных инновациях в следующих направлениях:

1. Интеграция с новыми источниками данных**:** помимо традиционных датчиков, ИИС должны уметь обрабатывать данные из социальных сетей, мультимедийных потоков, геопространственных систем и т.д.

2. Обработка данных в реальном времени: актуальность информации падает со временем, поэтому критически важна способность ИИС к оперативной обработке и анализу потоковых данных.

3. Повышение интеллектуальности систем: использование алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта для автоматической классификации, кластеризации, прогнозирования и выявления скрытых закономерностей.

4. Развитие пользовательских интерфейсов:

создание интуитивно понятных инструментов для взаимодействия с ИИС, визуализации данных и интерпретации результатов поиска.

Эти потребности послужили драйвером для разработки инновационных архитектур и технологий в области ИИС.

Инновации в ИИС охватывают различные уровни – от аппаратной базы до программного обеспечения и алгоритмов. Рассмотрим наиболее значимые из них, которые непосредственно влияют на оптимизацию поиска информации:

- Интеграция с Интернетом вещей (IoT) и граничными вычислениями (Edge Computing)

Развитие IoT привело к появлению огромного количества интеллектуальных датчиков и устройств, генерирующих данные. Инновационные ИИС интегрируются с IoT-платфор-

мами, позволяя собирать информацию с распределённых источников. Концепция граничных вычислений (Edge Computing) является ключевой инновацией здесь, поскольку позволяет осуществлять предварительную обработку и фильтрацию данных непосредственно на уровне датчиков или локальных хабов, минимизируя объём передаваемой информации в центральное облако. Это сокращает задержки, повышает оперативность анализа и снижает нагрузку на сетевую инфраструктуру, что критически важно для поиска актуальной информации в динамичных средах.

• Применение искусственного интеллекта и машинного обучения

Это, пожалуй, одна из наиболее значимых инноваций. Алгоритмы машинного обучения (ML) и глубокого обучения (DL) интегрируются в ИИС для:

1. Автоматической классификации и категоризации данных: идентификация типов информации, её тематической принадлежности без ручного участия.
2. Выявления аномалий и паттернов: обнаружение необычных событий или скрытых корреляций, которые могут быть индикаторами важной информации.
3. Прогнозирования: предсказание будущих состояний системы или появления определённой информации на основе исторических данных.
4. Повышения релевантности поиска: использование ML-алгоритмов для персонализации результатов поиска, основываясь на предыдущих запросах пользователя и его поведении.
5. Обработки естественного языка (NLP): для понимания неструктурированных текстовых запросов и извлечения информации из текстовых источников.

• Развитие технологий обработки больших данных (Big Data)

Инновационные ИИС строятся с учетом архитектур и принципов Big Data. Это включает:

1. Распределённые файловые системы (например, HDFS):
для хранения колоссальных объёмов данных.
2. Параллельные вычисления (например, Apache Spark):
для быстрой обработки и анализа данных.
3. Неструктурированные и полуструктурированные базы данных (NoSQL):
для хранения разнообразных типов данных, генерируемых ИИС.

Эти технологии позволяют ИИС эффективно управлять, обрабатывать и индексировать огромные объемы информации, делая её доступной для быстрого и релевантного поиска.

• Семантические технологии и онтологии

Для более интеллектуального поиска информации ИИС внедряют семантические технологии. Использование онтологий (формализованных представлений знаний о предметной области) позволяет ИИС не просто сопоставлять ключевые слова, но и понимать смысл запроса, контекст данных. Это приводит к значительному улучшению точности и релевантности результатов поиска, так как система может извлекать информацию, которая не содержит точных совпадений, по ключевым словам, но семантически связана с запросом.

Современные ИИС отходят от монолитных архитектур, переходя к более гибким и масштабируемым решениям:

• Микросервисная архитектура: разделение ИИС на небольшие, независимые сервисы, которые могут разрабатываться, развёртываться и масштабироваться отдельно. Это ускоряет внедрение инноваций и повышает отказоустойчивость.

• Облачные платформы: размещение компонентов ИИС в облачных средах (IaaS, PaaS, SaaS) обеспечивает масштабируемость, гибкость и доступность ресурсов по требованию, что критически важно для обработки пиковых нагрузок при поиске информации.

• Цифровые двойники (Digital Twins): создание виртуальных копий физических объектов или процессов, которые постоянно синхронизируются с реальными данными, поступающими от ИИС. Это позволяет осуществлять высокоточный поиск информации о текущем состоянии объекта, проводить симуляции и прогнозировать его поведение.

Инновационные информационно-измерительные системы являются ключевым фактором в оптимизации поиска информации в условиях постоянно растущих объемов данных. Интеграция с Интернетом вещей, граничными вычислениями, активное применение искус-

ственного интеллекта и машинного обучения, а также использование передовых Big Data технологий и семантических подходов кардинально меняют подходы к извлечению знаний.

Эти инновации позволяют ИИС переходить от простого сбора данных к интеллектуальному анализу, прогнозированию и предоставлению контекстно-обогащенной информации. Дальнейшее развитие в этой области будет направлено на создание ещё более адаптивных, автономных и самообучающихся систем, способных к проактивному поиску и предоставлению релевантной информации, что является основой для принятия эффективных решений в любой сфере деятельности.

Список литературы

1. Крюков В.В. Информационно-измерительные системы. Учебное пособие. Владивосток: ВГУЭС, 2000. 102 с.

2. Селиванова Н.В. Интеллектуальные информационно-измерительные системы: задачи и методы оптимизации // Тольяттинский государственный университет, 2024.

3. Михайловский В.О., Галиуллина Н.А. Сравнительная характеристика методов поиска информации в базе знаний // Наука, техника и образование, 2023.

4. Гусинский В.В. Информационно-измерительные системы: учебное пособие. Минск: БГУИР, 2019.

5. Новак В., Перфильева И., Мочкорж И. Математические принципы нечеткой логики. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 352 с.

Макурин А.Д.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
Warframe_2018@list.ru
Ершов Д.С.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
ershov.metrolog@mail.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОИСКА СВЕДЕНИЙ ОБ АККРЕДИТОВАННЫХ ЛИЦАХ НА ПРАВО ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Аннотация. В статье представлены результаты разработки веб-сайта для автоматизации поиска данных об аккредитованных лабораториях, осуществляющих поверку средств измерений. Цель работы – оптимизация доступа к информации из базы данных Федеральной службы аккредитации (ФСА) за счет создания интуитивного интерфейса и интеграции современных технологий. Актуальность исследования обусловлена несовершенством текущей системы ФСА: ограниченный функционал поиска, задержки в обновлении данных и сложности обработки больших объемов информации. В работе проведен анализ существующих решений, обоснован выбор технологического стека (Linux Ubuntu, Docker, WordPress, HTML/CSS/JavaScript) и реализован сайт с расширенными фильтрами поиска, гиперссылками на первоисточники и автоматическим обновлением данных через API.

Ключевые слова: сайт, оптимизация поиска информации, автоматизация, метрология, информационные технологии.

Makurin A.D.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Warframe_2018@list.ru
Ershov D.S.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ershov.metrolog@mail.ru

AUTOMATING THE PROCESS OF SEARCHING FOR INFORMATION ABOUT ACCREDITED PERSONS FOR THE RIGHT TO VERIFY MEASURING INSTRUMENTS

Abstract. The article presents the results of the development of a website for automating the search for data on accredited laboratories that verify measuring instruments. The aim of the work is to optimize access to information from the database of the Federal Accreditation Service (FSA) by creating an intuitive interface and integrating modern technologies. The relevance of the study is due to the imperfection of the current FSA system: limited search functionality, delays in updating data, and the complexity of processing large amounts of information. The paper analyzes existing solutions, justifies the choice of a technology stack (Linux, Ubuntu, Docker, WordPress, HTML/CSS/JavaScript), and implements a website with advanced search filters, hyperlinks to primary sources, and automatic data updates via the API.

Keywords: website, optimization of information search, automation, metrology, information technology.

Автоматизация процессов поиска и обработки информации в условиях роста объема данных становится ключевым фактором повышения эффективности бизнес-решений. В работе рассматривается задача создания специализированного сайта для поиска данных об аккредитованных лабораториях, имеющих право поверки средств измерений. Цель исследования – разработка сайта, интегрированного с базой данных Федеральной службы аккредитации (ФСА), для упрощения доступа к актуальной информации и сокращения временных затрат пользователей.

Ручной поиск данных через официальный сайт ФСА сопряжен с рядом проблем: ограниченный функционал поиска, неудобный интерфейс, задержки в обновлении информации. Эти недостатки снижают скорость принятия решений и увеличивают риски использования устаревших данных. Вопрос автоматизации метрологических процессов активно исследуется в научной литературе. Однако вопросы интеграции таких технологий с государственными системами, такими как ФСА, остаются недостаточно изученными.

Анализ подходов к решению автоматизации поиска сведений

Работа включает несколько ключевых разделов. В первом разделе проводится анализ существующих систем и подходов к автоматизации поиска сведений. Будет описываться текущее состояние системы, выявляться проблемы, такие как, некорректное отображение метрологической информации или ее отсутствие. Анализ существующих решений и предлагаться пути их улучшения**.** Второй раздел посвящен теоретическим и практическим основам автоматизации. В нем анализируются существующие технологии, обосновывается выбор технологического стека для разработки, будет арендован сервер для сайта, при помощи Docker и Compose был установлен WordPress, в нем с помощью графического интерфейса, HTML, JavaScript и CSS будет настраиваться визуальный вид сайта. Будут также рассматриваться вопросы структурирования и обработки метрологических данных. Третий раздел посвящен разработке и реализации сайта. В нём описываются этапы создания сайта, его тестирование, рекомендации по дальнейшему внедрению и развитию, а также результаты апробации системы.

1. Анализ текущей системы ФСА

Официальный сайт Федеральной службы аккредитации (ФСА) предоставляет доступ к данным об аккредитованных лабораториях, однако его функционал имеет существенные ограничения:

- Реляционная модель базы данных – неэффективна при обработке больших объемов информации, что приводит к замедлению выполнения сложных запросов;
- Устаревший интерфейс – отсутствие адаптивности для мобильных устройств и сложная навигация увеличивают время поиска данных;
- Ручной экспорт в PDF – документы в формате PDF не поддерживают автоматическую обработку, что затрудняет интеграцию с аналитическими инструментами;
- Несвоевременное обновление данных – риск использования устаревшей информации при принятии решений.

2. Обоснование выбора технологического стека

Для преодоления ограничений текущей системы выбран следующий стек технологий:

- Linux Ubuntu 22.04 (LTS) – обеспечение стабильности, безопасности и долгосрочной поддержки серверной инфраструктуры;
- Docker и Docker Compose – контейнеризация для изоляции сервисов (WordPress, MySQL), упрощения развертывания и масштабирования. Пример файла docker-compose включает настройки для связывания WordPress с системой управления базой данных MySQL, что гарантирует согласованность работы компонентов;
- WordPress – выбор CMS обусловлен гибкостью, наличием плагинов для SEO и безопасности, а также простотой управления контентом для неподготовленных пользователей;
- HTML, CSS, JavaScript – создание адаптивного интерфейса с возможностью фильтрации данных, динамической загрузки таблиц и интеграции гиперссылок на внешние ресурсы (ФГИС АРШИН, КонсультантПлюс).

Рабочие и эффективные инструменты IT будут использоваться для решения метрологических задач.

Реализация

Разработанный сайт реализован на платформе WordPress с интеграцией данных ФСА. Ключевые функциональные элементы:

- Таблица с фильтрами по наименованию организации, ИНН, типу измерений (рис. 1);



№ п/п	Наименование ХК/ИС	Наименование организации (сокращенное)	Контактные данные организации							«Номер документа о подтверждении соответствия»	«Дата подтверждения соответствия»	Область подтверждения соответствия	
			ИНН организации	КПП организации	Федеральный округ	Адрес осуществления деятельности	ФИО Руководителя лаборатории	Эл-почта	Телефон			вид (поверка/ МлЭ и т.п.)	«вид измерений/ группа СИ»
1	АО «НИИР»	АО «ФНПЦ «Прогресс»	5506190813	550601001	Сибирский	644018, г. Омск, Ул. 5-я Кордная, д. 4, кор. 2	Винокуров Станислав Сергеевич	vinokurov@jsc-nilr.ru	8(906)535-72-61	RA.RU.311562	10.06.2024	поверка	Вид измерений
2	АО «Спецхимия»	АО «Соликамский завод «Урал»	5919015877	591901001	Приволжский	618554, Россия, край Пермский, г.Соликамск ул.Энергетиков, 19а	Богданов Сергей Юрьевич	zavod-ural@yandex.ru	+7(342)5340007	RA.RU.312531	13.02.2022	поверка	Вид измерений
3	ПАО «ОАК»	ПАО «ОАК» ОКБ Сухого	7708619320	770501001	Центральный	125284, РОССИЯ, Москва г, Поликарпова ул, д. 23А	Михаил Юрьевич Стрелец	info@sukhoi.org torgi@sukhoi.org7	+7(495)9451701	РОСС СО5 3.00176.2014	26.03.2024	поверка	Вид измерений

Рис. 1. Интерфейс реализованного сайта

● Гиперссылки на первоисточники и официальные ресурсы (ФГИС АРШИН, КонсультантПлюс) (рис. 2);

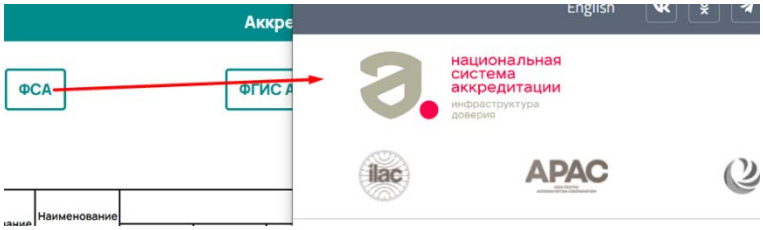


Рис. 2. Гиперссылки на официальные сайты

● Тестирование показало сокращение времени отклика на 14,6 секунд по сравнению с сайтом ФСА. В опросе 50 пользователей отметили удобство интерфейса и скорость работы. Результаты апробации подтвердили корректность фильтрации данных и отсутствие критических ошибок (рис. 3).

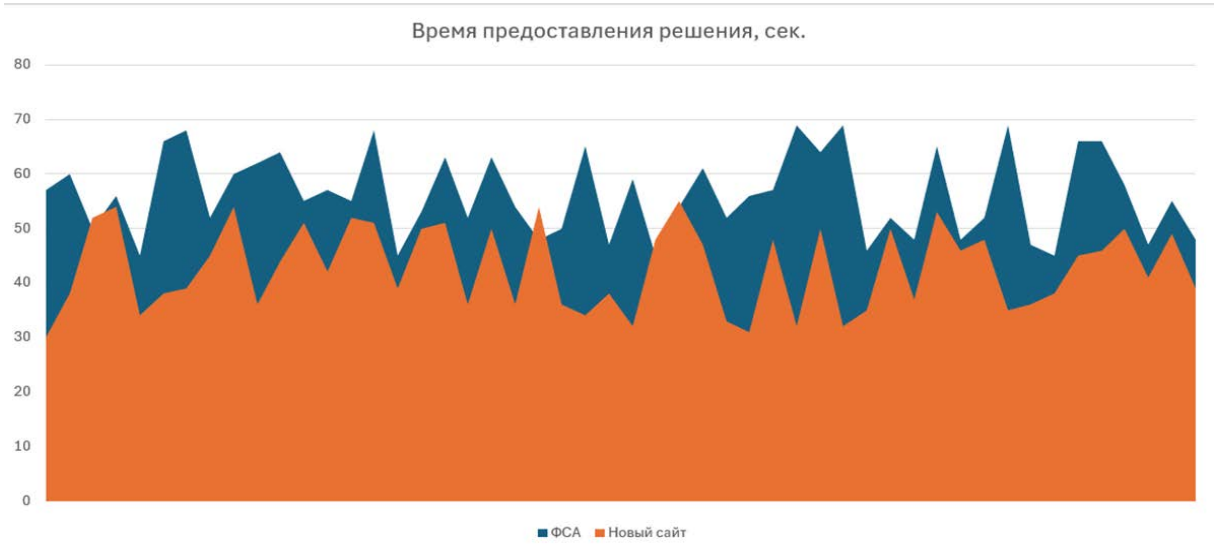


Рис. 3. Результаты проведенного тестирования

Работа демонстрирует эффективность применения современных технологий (Docker, WordPress, облачные решения) для автоматизации метрологических процессов. Разработанный сайт решает проблему неудобства доступа к данным ФСА, обеспечивая пользователей актуальной информацией в режиме реального времени (рис. 4).

ФСА		***Новый сайт***	
Среднее	56,260	Среднее	42,80
Стандартная ошибка	1,077	Стандартная ошибка	1,08
Медиана	55,500	Медиана	43,00
Мода	52,000	Мода	36,00
Стандартное отклонение	7,618	Стандартное отклонение	7,64
Дисперсия выборки	58,033	Дисперсия выборки	58,33
Эксцесс	-1,207	Эксцесс	-1,46
Асимметричность	0,151	Асимметричность	-0,01
Интервал	24,000	Интервал	25,00
Минимум	45,000	Минимум	30,00
Максимум	69,000	Максимум	55,00
Сумма	2813,000	Сумма	2140,00
Счет	50,000	Счет	50,00

Рис. 4. Статистический анализ

Перспективы развития включают внедрение машинного обучения для прогнозирования сроков аккредитации и расширение интеграции с другими государственными системами. Результаты исследования могут быть использованы организациями, заинтересованными в оптимизации процессов работы с метрологическими данными.

Список литературы

1. Информационно-измерительная техника и технологии: Учебник для вузов /В.И. Калашников, С.В. Нефедов, А.Б. Путилин и др.; под редакцией Г.Г. Раннева. М.: Высшая школа, 2001.

2. Раннев Г.Г. Измерительные информационные системы: Лекции – 2-е изд. перераб. и доп. М.: Изд. МГОУ, 2000.

Егоров В.В.
старший преподаватель кафедры №408 «Инфокоммуникации»,
Московский авиационный институт,
Россия, Москва
vsem_dobra@bk.ru
Рябова А.В.Р.
студент,
Московский авиационный институт,
Россия, Москва
anjakorchagina30@gmail.com
Зайцева К.Е.
студент,
Московский авиационный институт,
Россия, Москва
xenick@yandex.ru
Груков Т.А.
студент,
Московский авиационный институт,
Россия, Москва
grukovtim@mail.ru

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ АВТОНОМНАЯ СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА

Аннотация. В данной работе рассматривается проблема создания консультирующих интеллектуальных систем с голосовым управлением, способными функционировать при отсутствии доступа к сети интернет и предлагается решение в виде программного комплекса. На данный момент на рынке представлено множество голосовых помощников, использующих нейросетевые алгоритмы, сервера распознавания и машинообученные модели. Однако часто потребители не испытывают потребности во всех предоставляемых такими устройствами возможностях, либо наоборот, не могут получить информацию в доступном виде. Также существует ряд категорий населения, которые не могут использовать устройства с выходом в сеть интернет. В данной работе исследуются актуальные программные среды разработки, позволяющие создать программную систему голосового помощника с учётом описанных выше тезисов, и предлагается вариант решения.

Ключевые слова: голосовой помощник, нейросеть, офлайн, справочник, автономная система.

Egorov V.V.
Senior Lecturer, Department No. 408 «Infocommunications»
Moscow Aviation Institute
Russia, Moscow
vsem_dobra@bk.ru
Ryabova A.V.R.
Student
Moscow Aviation Institute
Russia, Moscow
anjakorchagina30@gmail.com
Zaitseva K.E.
Student
Moscow Aviation Institute
Russia, Moscow
xenick@yandex.ru
Grukov T.A.
Student
Moscow Aviation Institute
Russia, Moscow
grukovtim@mail.ru

INTELLIGENT AUTONOMOUS REFERENCE SYSTEM

Abstract. This paper examines the problem of creating intelligent consulting systems with voice control that can function without access to the Internet and proposes a solution in the form of a software package. There are currently many voice assistants on the market that use neural network algorithms, recognition servers, and machine-learned models. However, consumers often do not feel the need for all the capabilities provided by such devices, or, on the contrary, cannot obtain information in an accessible form. There are also a number of categories of the population that cannot use devices with Internet access. This paper examines current software development environments that allow creating a voice assistant software system taking into account the above theses and proposes a solution.

Keywords: voice assistant, neural network, offline, reference book, autonomous system.

На момент 2025 года, согласно результатам международного статистического исследования, 20,5% населения всего мира регулярно используют голосовой поиск [1]. По данным опроса, проведённого в РФ одной из ведущих IT-компаний, 79,1% рецензентов взаимодействуют с искусственным интеллектом (ИИ) в быту, в том числе и через голосовых помощников. По результатам этих статистических данных, можно сделать вывод, что интеллектуальные справочные системы с голосовым управлением имеют крупный рыночный спрос. Огромный вклад эти помощники вносят в улучшение жизни людей с инвалидностью. Однако есть ряд проблем, которые не позволяют некоторым людям использовать такие справочные системы. Для корректной работы этих изделий требуется сложносоставная система: для распознавания команд – отдельный сервер распознавания, который переводит голос в текст, для их интерпретации – нейросетевой алгоритм, называемый классификатором интентов, для формирования четкого вопроса и передачи команд смежным сервисам – машинно-обученная модель, которая называется семантический теггер, для отправки запроса и непосредственно поиска ответа – отдельный, к примеру, API менеджер, и наконец модуль синтеза речи. Все вышеупомянутые модули не могут существовать без доступа в интернет.

Сейчас нам уже трудно представить свою жизнь без сети интернет. Получение информации стало занимать доли секунд. Но сеть интернет может быть, как источником полезных и даже необходимых к изучению знаний, так и местом распространение вредных и маргинальных идей. А компьютерами с выходом в интернет сейчас пользуются дети и подростки.

По данным исследований [2] 72% подростков находят в интернете материалы со сценами насилия, половина получала предложения попробовать алкоголь или наркотики, а также заработать на их распространении. Еще одна опасность, с которой может столкнуться подросток на просторах всемирной паутины – это травля в виртуальном пространстве, или кибербуллинг. Негативная информация в интернете не только мгновенно распространяется, но и навсегда остается в виде так называемого «цифрового следа» [3]. Нервное истощение или даже попытки суицида молодых людей под влиянием кибербуллинга – страшные симптомы нашего времени. Однако интернет-пространство может таить в себе опасность не только для детей, но и для представителей старшего поколения, не знакомых с уловками мошенников 21 века, таких как фишинг, или кибер-шантаж.

Вышеперечисленные проблемы – только малая часть возможных опасностей неконтролируемого доступа неподготовленных пользователей к сети интернет. Есть и еще одна категория населения, которая не может использовать голосовые помощники с выходом в интернет – сотрудники корпораций со специализированными локальными нормативными актами, ограничивающими доступ в сеть, с целью соблюдения конфиденциальности, а также работники режимных предприятий, где отсутствие подключения к сети интернет, необходимое требование безопасности. Следовательно, существует необходимость разработки интеллектуальной справочной системы, способной функционировать в отсутствии подключения к сети интернет.

Актуальность данного проекта заключается в его преимуществах перед имеющимися на рынке решениями. А именно: простоте его использования, широком диапазоне областей применения и автономном режиме работы.

Необходимо создать устройство, которое будет представлять собой интеллектуальный голосовой помощник, не нуждающийся в подключении к сети интернет, с функцией записи информации в базу данных, по команде пользователя.

Для создания программного обеспечения был выбран язык программирования Python, в связи с его обширными возможностями работы со звуком. Главное достоинство Python – простота синтаксиса и команд, а также большое количество библиотек, которые содержат уже написанный программный код для решения широкого спектра задач.

Распознавание речи и синтез речи – это две ключевые области в сфере обработки естественного языка (NLP). Распознавание речи позволяет компьютерам «слушать» и понимать человеческую речь, а синтез речи – «говорить» на естественном языке. Для того чтобы устройство могло распознавать голосовые команды существует множество библиотек, но не все из них работают в офлайн режиме, так как распознавание речи требует больших объёмов памяти. В качестве программы для распознавания голосовых команд была выбрана Vosk, так как он поддерживает русский язык и является кроссплатформенным [4]. Vosk – это одна из оффлайн-библиотек для распознавания речи, которая поддерживает множество языков и акцентов. Она работает на различных платформах, включая Windows, Linux и macOS, и может быть использована в мобильных приложениях. Vosk поддерживает Java, Python, JavaScript, C# и NodeJS. Ниже представлена функция распознавания речи с помощью Vosk, используемая в данной работе (рис. 1).

Ниже раскрыт вопрос выбора формата хранения базы данных справочных материалов. Так как справочная информация будет храниться в формате «вопрос – ответ», то не стоит использовать слишком сложные схемы для её хранения. Таким образом выбор пал на json-формат, который поддерживает python. JSON (JavaScript Object Notation) – стандартный текстовый формат для хранения и передачи структурированных данных. Он основан на синтаксисе объекта в JavaScript, но не привязан к нему. Работу с ним поддерживают многие современные языки программирования: Python, Java и другие. Ниже представлен пример хранения справочной информации в json-формате (рис. 2).

```python
# Открытие аудиофайла
wf = wave.open("microphone-results.wav", "rb")
rec = vosk.KaldiRecognizer(model, wf.getframerate())
# Распознавание речи
while True:
    data = wf.readframes(4000)
    if len(data) == 0:
        break
    if rec.AcceptWaveform(data):
        result = json.loads(rec.Result())
        print(f"Распознанный текст: {result['text']}")
        return result['text']
```

Рис. 1. Функция распознавания речи с помощью Vosk

data.json

```
{
    "формулы": {
        "площадь круга": "pr2",
        "кинетическа¤ энерги¤": "Ек = (mv2)/2",
        "периметр": "сумма длин всех сторон"
    },
    "константы": {
        "пи": "3,14159265535",
        "скорость света": "299792458 метра в секунду"
    },
    "термины": {
        "атом": "jтом - частица вещества микроскопических размеров и массы, наименьша¤ часть химическог
        "фюзел¤ж": "'юзел¤ж - корпус летательного аппарата. —в¤зывает между собой консоли крыла, оперен
    },
    "компьютер": {
        "матрица": "ћатрица - жидкокристаллический экран монитора, обеспечивающий качественное изображе
    }
}
```

Рис. 2. Пример хранения справочной информации в json-формате

Отдельным аспектом работы является возможность добавить функцию «свободного разговора» в данное устройство. На примере известных голосовых ассистентов Алисы, Маруси, Siri и других можно увидеть, что для реализации такой функции обычно используются нейронные [5]. Но в этом проекте нейросеть, в отличие от обычной ситуации, должна работать в офлайн режиме. Поэтому был использован TensorFlow. TensorFlow – это библиотека для машинного обучения с открытым исходным кодом, разработанная компанией Google и работающая в офлайн режиме. Так же данную нейросеть можно обучить и выгрузить на микроконтроллер. LiteRT он же TensorFlow Lite для микроконтроллеров предназначен для запуска моделей машинного обучения на микроконтроллерах и других устройствах, имеющих всего несколько килобайт памяти. Ядро программы занимает всего 16 КБ на процессоре Arm Cortex M3 и может запускать множество базовых моделей. Оно не требует поддержки операционной системы, стандартных библиотек C или C++ или динамического выделения памяти.

Практическая реализация

На основании описанных выше тезисов была составлена система программ, на основании которой был реализован голосовой помощник, способный распознавать и воспроизводить речь, выдавать занесенную в оффлайн-базу информацию и работать без доступа к сети интернет. Предполагается, что разработанная интеллектуальная справочная система будет интересна детям и подросткам, в качестве помощника в обучении. Потенциал изделия, как голосового формата ежедневника может заинтересовать представителей всех возрастных категорий. Также данный проект может быть полезен сотрудникам предприятий с повышенными требованиями к конфиденциальности информации.

Так как существует необходимость разработки интеллектуальной справочной системы, способной функционировать в отсутствии подключения к сети интернет, мы считаем, что

данная разработка окажется крайне полезным устройством, способным получить широкое распространение.

Список литературы

1. Будущее v-commerce: как использовать распознавание речи и голосовой поискв 2025 году. Текст: электронный. URL: https://habr.com/ru/articles/890818

2. Стоит ли пущать детей в интернет? Собираются ужесточить доступ. Правильно ли это. Текст: электронный. URL: https://dzen.ru/a/Y6VpiHSGEUXUWpKI

3. Ребенок, интернет и родители. Как избежать ловушек, получить пользу и остаться друзьями? Текст: электронный. URL: https://habr.com/ru/companies/aktiv-company/articles/423557

4. Vosk Текст: электронный. URL: https://alphacephei.com/vosk

5. TensorFlow Текст: электронный. URL: https://www.tensorflow.org

Чернявский А.О.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
xandrozik@gmail.com

СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ НАПРАВЛЕНИЯ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ» С УЧЕТОМ ВЫЗОВОВ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается образовательный профиль «Интеллектуальные информационно-измерительные системы» направления «Информационные системы и технологии» Московского политехнического университета. С учетом актуальных вызовов инженерного образования проведен SWOT-анализ учебной программы. Выявлены сильные и слабые стороны, внешние возможности и угрозы для развития профиля. На основе этих данных разработаны SWOT-стратегии, направленные на повышение качества подготовки специалистов и улучшение учебного плана профиля.

Ключевые слова: SWOT-анализ, учебный план, образовательная программа, Интеллектуальные информационно-измерительные системы.

Chernyavskiy A.O.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
xandrozik@gmail.com

DEVELOPMENT STRATEGIES FOR THE DIRECTION OF «INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES» TAKING INTO ACCOUNT THE CHALLENGES OF HIGHER EDUCATION

Abstract. The article examines the educational profile «Intelligent information and measuring systems» of the direction «Information systems and technologies» of the Moscow Polytechnic University. Taking into account the current challenges of engineering education, a SWOT analysis of the curriculum was conducted. Strengths and weaknesses, external opportunities and threats for the development of the profile were identified. Based on these data, SWOT strategies were developed aimed at improving the quality of training specialists and improving the curriculum of the profile.

Keywords: SWOT analysis, curriculum, educational program, Intelligent information and measuring systems.

В данной статье рассматривается профиль обучения «Интеллектуальные информационно-измерительные системы», его учебный план. В практической части проводится анализ профиля обучения по классическому методу SWOT с выработкой SWOT-стратегий, основанных на пересечении полей матрицы.

Современное инженерное образование сталкивается с необходимостью адаптации к стремительно развивающимся требованиям индустрии и цифровой трансформации. Технологии, применяющиеся в IT-индустрии, быстро устаревают и требуют постоянного обновления. Так, например, согласно данным Службы исследований hh.ru за 2023 год, 75% абитуриентов при выборе будущего университета обращают внимание на наличие факультета или программы по выбранной специальности, 39% – на наличие интересных предметов в учебной программе. Именно выпускники инженерных и IT-специальностей чаще всего работают по специальности своего обучения, а значит, учебные планы именно этих профилей должны отвечать всем вызовам современности и готовить максимально приспособленные к условиям рынка кадры. Для этих задач часто проводится SWOT-анализ и другие методы стратегического анализа.

В ходе выполнения практической части статьи необходимо, используя методику SWOT-анализа, изучить учебный план и дополнительную информацию по профилю обучения Интеллектуальные информационно-измерительные системы направления Информационные системы и технологии Московского политехнического университета, и на основе этих данных разработать SWOT-стратегии, изучить слабые и сильные места профиля обучения и предложить пути улучшения.

SWOT-анализ – это стратегический инструмент, позволяющий оценить текущее состояние объекта (образовательной программы) с точки зрения внутренних (сильные и слабые стороны) и внешних (возможности и угрозы) факторов. Такой подход помогает принимать обоснованные решения, разрабатывать стратегии и корректировать направления развития.

SWOT-анализ принято проводить в два этапа. На первом участниками анализа заполняется таблица из 4 полей, в которой выделяются сильные стороны (Strengths) проекта, слабые стороны (Weaknesses), а также внешние факторы: возможности для развития (Opportunities) и угрозы роста (Threats).

На втором этапе SWOT-анализа составляется матрица решений. Для этого необходимо сопоставить каждый внутренний фактор с каждым внешним фактором, получив 4 варианта комбинаций: S + O (сильные стороны + возможности.), W + O (слабые стороны + возможности), S + T (сильные стороны + угрозы), W + T (слабые стороны + угрозы)

Для выделения внутренних и внешних факторов мною были изучены учебный план профиля «Интеллектуальные информационно-измерительные системы» и других профилей направления «Информационные системы и технологии», данные о профилях на сайте университета, а также передовые практики, реализуемые в других университетах.

На следующем этапе мною были разработаны SWOT-стратегии, учитывающие все внутренние и внешние факторы для развития образовательной программы (табл.).

Таблица

Пример таблицы SWOT-анализа

Сильные стороны	1) упор на проектную деятельность 2) интеграция IT и метрологии; 3) соответствие актуальным запросам производств
Слабые стороны	1) малое количество программирования; 2) упор на теорию; 3) ограниченное количество дисциплин по soft skills.
Возможности	1) трудоустройство в области машиностроения; 2) магистратура с углубленной специализацией; 3) сотрудничество с промышленностью.
Угрозы	1) устаревание технологий; 2) нехватка преподавателей с практическим опытом; 3) конкуренция с ИТ-направлениями.

S+O (сильные стороны + возможности):

1) Развитие производственной практики
2) Организация стажировок на производствах

Большой опыт студентов в проектной деятельности, а также сотрудничество с промышленностью могут помочь студентам и выпускникам направления быстро начать карьеру в области машиностроения. Соответствие образовательной программы реальным запросам производств может открыть для студентов новые возможные прохождения производственной практики.

W+O (слабые стороны + возможности)

1) Поддержка и поощрение участия студентов в IT-сообществах, поощрение побед на хакатонах

2) Организация элективных курсов по программированию студенты данного направления часто выделяют в числе слабых сторон малое количество дисциплин, связанных с программированием. Простым решением этой проблемы станет поощрение участия студентов в хакатонах и IT-сообществах, возможно, проведение IT-курсов от студентов из студенческого актива.

S+T (сильные стороны + угрозы)

1) Регулярное обновление и актуализация учебного плана и программ дисциплин
2) Упор на выпускников в области кадровой политики и обновления ППС

Руководителям учебной программы необходимо проводить кадровую политику, нацеленную на трудоустройство выпускников программы в качестве преподавателей либо ассистентов. Это, поможет обучать студентов самым актуальным знаниям из индустрии

W + T – слабые стороны + угрозы

1) Введение курсов факультета ИТ в учебный план направления

2) Привлечение преподавателей из индустрии, действующих сотрудников крупных компаний

Введение курсов факультета ИТ в учебный план направления позволит восполнить дефицит IT-курсов в учебном плане, а привлечение преподавателей из индустрии позволит актуализировать технологии, изучаемые студентами в ходе обучения.

В ходе выполнения научной работы был проведен SWOT-анализ направления «Интеллектуальные информационно-измерительные системы». Анализ показал ключевые плюсы данного профиля обучения и возможности для развития, а выработанные стратегии и шаги по улучшению показали перспективы для роста направления. По итогам проделанной работы можно сделать вывод о высокой перспективности данного профиля за счет активной интеграции IT и метрологии и ценности работников гибридных специальностей на рынке труда.

Список литературы

1. 09.03.02. Интеллектуальные информационно-измерительные системы // Московский политехнический университетURL: https://mospolytech.ru/postupayushchim/programmy-obucheniya/intellektualnye-informacionno-izmeritelnye-sistemy/ (дата обращения: 30.04.2025).

2. Что такое SWOT-анализ и чем он полезен в проектах // Хабр URL: https://habr.com/ru/articles/829392/ (дата обращения: 30.04.2025).

3. Результаты опроса: на что обращают внимание при выборе вуза // HeadHunter URL: https://hh.ru/article/31534 (дата обращения: 30.04.2025).

4. студенты НИТУ МИСИС будут получать «автоматы» за участие в соревнованиях по программированию // Российская Газета URL: https://rg.ru/2023/08/08/Studenty-misis-budut-poluchat-avtomaty-za-uchastie-v-sorevnovaniiah-po-programmirovaniiu.html (дата обращения: 30.04.2025).

Артёмова М.А.
студент,
Московский авиационный институт,
Россия, Москва
artjomovama@mai.ru
Гончарова И.В.
студент,
Московский авиационный институт,
Россия, Москва
irvgoncharova@mai.education.ru
Егоров В.В.
старший преподаватель кафедры «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов»,
Московский авиационный институт,
Россия, Москва
skb-4@bk.ru

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМФОРТА ДЛЯ ЧАСТНЫХ ДОМОВ

Аннотация. В статье рассматривается разработка интеллектуальной системы мониторинга безопасности и комфорта для частных домов. Система использует микроконтроллеры Arduino и набор сенсоров (датчики движения, температуры/влажности, освещённости, контроля питания) для круглосуточного контроля ключевых параметров жилища. В случае обнаружения угроз система генерирует тревожные оповещения и передаёт их владельцу через интернет. Кроме того, реализованы функции комфорта – автоматическое управление освещением и контроль микроклимата на основе показаний сенсоров. Прототип системы был смонтирован и испытан: передача данных по радиоканалу NRF24L01 и Ethernet-соединению осуществлялась без сбоев при передаче тысяч пакетов. Экспериментальные сценарии продемонстрировали быстрое обнаружение вторжений и возгораний, а также корректную работу сценариев «умного» освещения в ночное время. Стоимость аппаратных компонентов системы составляет порядка шести тысяч рублей, что позволяет собрать подобную систему самостоятельно, обеспечив функциональность, сопоставимую или превосходящую базовые коммерческие охранные комплекты. Полученные результаты подтверждают эффективность предложенного подхода для повышения безопасности и комфорта проживания в частном доме.

Ключевые слова: интеллектуальная система, умный дом, безопасность, комфорт, мониторинг, Arduino.

Artemova M.A.
Student
Moscow Aviation Institute
Russia, Moscow
artjomovama@mai.ru
Goncharova I.V.
Student
Moscow Aviation Institute
Russia, Moscow
irvgoncharova@mai.education.ru
Egorov V.V.
Senior Lecturer of Department «Information Control Systems of Aircraft»
Moscow Aviation Institute
Russia, Moscow
skb-4@bk.ru

INTELLIGENT SYSTEM FOR MONITORING SAFETY AND ENSURING COMFORT IN PRIVATE HOMES

Abstract. The article presents the development of an intelligent monitoring system for ensuring safety and comfort in private homes. The system is based on Arduino microcontrollers and a set of sensors (motion, temperature/humidity, light, and power monitoring) for continuous tracking of key housing parameters. Upon detecting threats, the system generates alerts and sends them to the homeowner via the internet. In addition, comfort features are implemented, such as automatic lighting control and microclimate monitoring based on sensor data. The system prototype was assembled and tested: data transmission via the NRF24L01 radio module and Ethernet connection was stable, with thousands of packets transferred without failures. Experimental scenarios demonstrated prompt detection of intrusions and fires, as well as proper operation of «smart» lighting routines during nighttime. The hardware cost of the system is approximately six thousand rubles, making it affordable for independent assembly while offering functionality comparable to or exceeding that of basic commercial security systems. The results confirm the effectiveness of the proposed approach in enhancing home safety and comfort.

Keywords: intelligent system, smart home, safety, comfort, monitoring, Arduino.

Безопасность и комфорт в частном доме являются приоритетными задачами для его владельцев. Часто в жилых домах происходят аварийные ситуации (пожары, утечки бытового газа и воды), а также возможны несанкционированные проникновения, которые создают риск для жизни людей и сохранности имущества. Важной составляющей безопасности является раннее обнаружение возгораний и утечек: повышение температуры, задымление или переполнение водой сигнализируют о надвигающейся аварии. Кроме защиты от аварий, владельцы стремятся к повышенному комфорту проживания. Автоматизация поддержания оптимального микроклимата, управление освещением в зависимости от времени суток и удалённый контроль систем дома создают более удобные условия для жильцов. Таким образом, возникает потребность в интегрированной системе «умный дом», способной одновременно решать задачи охраны и комфортного управления жильём.

Актуальность данной работы подкрепляется ростом интереса к концепции «умного дома» и доступности технологий Интернета вещей [6]. Исследования показывают, что системы автоматизации могут эффективно снижать ущерб при ЧП и повышать энергоэффективность жилища. При этом готовые коммерческие решения часто имеют высокую стоимость или ограниченные функции: базовые охранные комплекты обычно содержат лишь датчики двери, движения и дыма, тогда как премиум-системы интегрируют климат-контроль и видеонаблюдение за счёт значительных затрат.

В данном проекте поставлена задача разработать недорогой прототип, сочетающий ключевые функции безопасности (детекция движения, дыма, утечек) и удобства (автоматическое освещение, мониторинг микроклимата) на базе доступных компонентов.

В ходе исследования был проведён анализ угроз безопасности в частных домах и потребностей пользователей: выявлено, что владельцы особенно опасаются пожаров и вторжений, а также жалуются на ложные срабатывания традиционных систем. Кроме того, учитываются экстремальные погодные явления (ливни, заморозки), приводящие к протечкам и замерзанию систем отопления, в связи с этим в системе применены профильные датчики: детектор движения HC-SR501 (PIR), фиксирующий тепловые сигналы от человека или крупного животного; сенсор DHT22 для измерения температуры и влажности с достаточной точностью, позволяющий оценивать микроклимат и обнаруживать резкий рост температуры при возгорании; датчик освещённости BH1750 для оценки уровня света, используемый одновременно для автоматизации ночного освещения и косвенного обнаружения пламени по резкому увеличению уровня освещённости. В прототипе также реализовано измерение напряжения батареи для предупреждения об обесточивании узла, и предусмотрена возможность добавления звуковой или световой сигнализации. Выбор аппаратной архитектуры основан на модульной схеме: удалённый сенсорный узел на Arduino Nano связывается по радиоканалу NRF24L01 с центральным контроллером на Arduino Mega, подключённым к сети Ethernet. Такой подход поз-

воляет размещать сенсоры в разных частях дома и обеспечивать автономную работу удалённого блока от аккумулятора (напряжение стабилизируется DC-DC-преобразователем 5 В). Arduino Nano выбрана из-за компактности и низкого энергопотребления, Arduino Mega – за большие ресурсы памяти и наличие двух каналов связи (радио и Ethernet). Связь внутри системы организована радиомодулем NRF24L01+ (2.4 ГГц), обеспечивающим двунаправленную передачу между модулями. Для связи центрального узла с интернетом выбран недорогой Ethernet-контроллер ENC28J60. Все аппаратные компоненты – Arduino-платы, датчики PIR, DHT22, BH1750, радиомодуль и Ethernet-модуль – массово доступны и бюджетны [5], суммарная стоимость «железа» прототипа оценивается в шесть тысяч рублей.

Алгоритм работы системы реализован в виде двух синхронизированных программ для Nano и Mega. Arduino Nano в бесконечном цикле с заданным интервалом (приблизительно 0,5 с) опрашивает подключённые датчики, упаковывает полученные значения (свет в люксах, температуру в °C, влажность в %, уровень заряда) и отправляет пакет по радиоканалу при помощи NRF-модуля. Каждый пакет содержит счётчик отправки для отслеживания потерь. Arduino Mega постоянно слушает радиоэфир, принимает пакеты от сенсорного узла и при необходимости может локально анализировать данные (например, проверять, не превышают ли показания пороги тревоги). Затем Mega формирует HTTP-запрос к удалённому серверу, передавая параметры датчиков для удалённого мониторинга. При сбое сети данные могут повторно передаваться позже. Оба контроллера работают практически в реальном времени, обеспечивая непрерывную передачу и накопление информации. При этом предусмотрена энергоэффективность сенсорного узла (в перспективе Nano можно переводить в спящий режим между измерениями), что позволяет автономному модулю работать от аккумулятора несколько дней без подзарядки.

Для оценки практической эффективности системы проведены экспериментальные сценарии. В сценарии вторжения (дом охраняется, в отсутствие хозяев в помещение попадает злоумышленник), датчик движения сразу регистрирует присутствие, и система устанавливает флаг «движение». Arduino Nano передаёт сигнал о движении центральному узлу, который тут же фиксирует тревогу и может активировать локальную сирену или свет, а также отправить уведомление владельцу через сервер (например, push-сообщение на смартфон). В сценарии возгорания система обнаруживает резкий рост температуры и уровня освещённости (признаки пламени), причём одновременно появляются два признака пожара – что снижает вероятность ложной тревоги. После получения таких данных центральный контроллер формирует сигнал пожарной тревоги, который может выражаться включением сирены и отправкой экстренного сообщения владельцу и службам. В сценарии «комфортного» освещения, когда ночью жильцы ходят по коридору, датчик фиксирует движение на фоне низкой наружной освещённости и автоматически включает лампу, повышая удобство передвижения и снижая энергопотребление (свет гаснет при отсутствии движения).

В ходе реализации проекта был создан и протестирован рабочий прототип системы. Смонтирован автономный сенсорный модуль на Arduino Nano с перечисленными датчиками и радиомодулем, а также центральный модуль на Arduino Mega с приёмником NRF и Ethernet-контроллером. Весь набор компонентов успешно подключён и функционирует устойчиво. Разработано программное обеспечение для обоих микроконтроллеров, обеспечивающее опрос датчиков, беспроводную передачу данных и пересылку на сервер. При испытаниях было передано и обработано несколько тысяч пакетов данных без сбоев связи, что свидетельствует о корректности выбранных протоколов обмена и настройке каналов [1]. Прототип надёжно собирает информацию о движении, температуре, влажности, уровне освещённости и заряде аккумулятора и способен на их основе различать как минимум два типа критических событий – проникновение и начало пожара. Центральный узел успешно интегрирован с сетью Ethernet и передаёт данные на удалённый сервер по протоколу HTTP, что позволяет организовать дистанционный контроль: из любой точки пользователь может получать актуальную информацию о состоянии дома. При этом учтены пожелания будущих пользователей: например, комбинация датчиков температуры и освещённости используется для подтверждения пожара, уменьшая количество ложных срабатываний, а функции автоматизации освещения и контроля климата включены в систему, соответствуя интересам жильцов. Полученные результаты показывают практическую значимость разработки.

Проведённые исследование и эксперименты подтвердили эффективность предлагаемой системы, созданный прототип мониторинга безопасности и комфорта демонстрирует способность обнаруживать внештатные ситуации на ранней стадии (протечку, пожар, вторжение) и обеспечивать автоматический контроль бытовых функций (освещение, климат). Удалённая передача данных и уведомлений через Интернет позволяет владельцу в реальном времени следить за состоянием дома. Перспективы развития включают расширение набора датчиков (датчики дыма, утечки, качества воздуха), применение машинного обучения для повышения точности распознавания событий и интеграцию с солнечными панелями/аккумуляторами для автономии. Благодаря модульной архитектуре Arduino-система легко масштабируется под различные условия: можно сформировать базовые, расширенные и премиальные комплектации «умного дома» для разных бюджетов. Таким образом, можно уверенно сказать, что такие интеллектуальные системы отвечают насущной потребности населения в безопасности и удобстве, и дальнейшее их совершенствование имеет высокую практическую значимость.

Список литературы

1. Ву Т. З., Кизим А. В. Методы автоматического управления умным домом / Т. З. Ву, А. В. Кизим // Молодой ученый. 2011. № 5 (28). Т. 1. С. 39–42. Текст: непосредственный. URL: https://moluch.ru/archive/28/3087/ (дата обращения: 07.03.2025).

2. Гордюшина О. С., Кувшинова О. А. Концепция умного дома / О. С. Гордюшина, О. А. Кувшинова // Форум молодых ученых. 2019. № 2 (30). Текст: электронный. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-umnogo-doma (дата обращения: 23.02.2025).

3. Гущина М. А. Анализ существующих технических решений системы «умный дом» / М. А. Гущина // Инженерные исследования. 2021. № 3 (3). С. 9–14. Текст: электронный. URL: http://eng-res.ru/archive/2021/3/9-14.pdf (дата обращения: 06.04.2025).

4. Кашкаров А. П. Датчики в электронных схемах. От простого к сложному / А. П. Кашкаров. Москва: ДМК Пресс, 2013. 320 с.

5. Петин В. Создание умного дома на базе Arduino / В. Петин. Москва: ДМК Пресс, 2018. 180 с.

6. Росляков А. В., Ваняшин С. В., Гребешков А. Ю. Интернет вещей: учебное пособие / А. В. Росляков, С. В. Ваняшин, А. Ю. Гребешков. Самара: ПГУТИ, 2015. 200 с.

Крылова А.И.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
Hehehen2002@gmail.com
Паутова Л.И.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
pautova_lu@mail.ru
Ромашкина И.О.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
IlianaRomashkina@yandex.ru

ПАРАМЕТРЫ КАЧЕСТВА В ГЕММОЛОГИИ

Аннотация. Геммология как наука о драгоценных камнях, она уделяет особое внимание параметрам качества, определяющим ценность и эстетическую привлекательность минера-

лов. Геммология сочетает в себе научный анализ с эстетической оценкой, превращая камень в уникальный объект изучения. В статье рассматриваются ключевые критерии оценки качества ювелирных камней, включая цвет, чистоту, огранку и каратность (массу), известные как система «4С» (Color, Clarity, Cut, Carat), описываются различные методы изучения сырья – этапы и виды (макроскопическое и микроскопическое). Также объясняется важность стандартов качества для потребителей, гарантии и преимущества системы оценивания на рынке камней. Статья будет полезна как для начинающих работать с камнями ювелиров, так и для потребителей ювелирной продукции.

Ключевые слова: геммология, стандарты, система 4С, драгоценные камни.

Krylova A.I.
Student
Moscow Polytechnical University
Russia, Moscow
Hehehen2002@gmail.com
Pautova L.I.
Student
Moscow Polytechnical University
Russia, Moscow
pautova_lu@mail.ru
Romashkina I.O.
Student
Moscow Polytechnical University
Russia, Moscow
IlianaRomashkina@yandex.ru

QUALITY PARAMETERS IN GEMOLOGY

Abstract. Gemology, as the science of gemstones, focuses particularly on quality parameters that determine the value and aesthetic appeal of minerals. It combines scientific analysis with aesthetic evaluation, transforming a stone into a unique object of study. This article examines the key criteria for assessing the quality of gemstones, including color, clarity, cut, and carat weight (mass), known as the «4Cs» system (Color, Clarity, Cut, Carat). It also describes various methods for studying raw materials–stages and types (macroscopic and microscopic). Additionally, the importance of quality standards for consumers, guarantees, and the benefits of the grading system in the gemstone market are explained. The article will be useful both for novice jewelers working with stones and for consumers of jewelry.

Keywords: gemology, standards, 4C system, precious stones.

Геммология – это наука, изучающая драгоценные и полудрагоценные камни (как природные, так и синтетические), их физические и химические свойства, происхождение, месторождения, методы обработки, классификацию, а также способы идентификации и оценки.

Само слово пришло из Индии – одного из крупнейших центров по добыче, огранке и продаже драгоценных камней и изделий. В лапидариях (индийских книгах о драгоценных камнях) слово джемма означало «оникс», так как он имел немалую важность в античном мире, а позднее его санскритское название было перенесено на собственное.

Позже геммой стали называть все самоцветы и изделия из них, отсюда и пошло название этой науки.

Геммология будет актуальна всё время существования самоцветных камней.

Женщины во все времена носили украшения, а специалисты этой сферы всегда изучали и сравнивали все виды камней в поисках их лучших версий. Так, это направление будет продолжать развиваться и в дальнейшем.

Данная работа раскрывает геммологию как науку для повседневного обывателя. Что должен знать человек перед покупкой или при работе с драгоценными, полудрагоценными и поделочными самоцветами? Именно на эти вопросы можно найти ответы в представленной работе.

Определение качества геммологии.

Прежде чем камень попадет к своему покупателю в формате изделия или самостоятельного коллекционного объекта, он должен пройти несколько экспертиз и этапов обработки камня. Качество камня определяют на двух этапах производства – сырьё и готовая продукция.

Полную информацию о качестве камня можно получить лишь путем последовательного изучения его свойств. Проверка качества сырья проводится в несколько этапов:

1. Макроскопическое изучение материала;
2. Специальные методы исследования;
3. Технологические испытания сырья.

Макроскопическое изучение материала.

Самый первый этап оценки сырья, не требующий сложного дорогостоящего оборудования, достаточно лишь карманной лупы, набора химических реактивов и подручных инструментов для определения твердости.

Минералы могут образовывать: кристаллы, зернистые агрегаты, пластинчатые формы, волокнистые формы.

Основные виды габитуса (характерной формы роста кристалла): изометрический, призматический, таблитчатый, игольчатый, дендритовый.

От точности определения минерального вида камня зависит способ огранки сырья и его рыночная стоимость. Данная экспертиза производится для определения процентного соотношения пород минералов с описанием характера их взаимодействия.

Самый актуальный способ определения окраски – визуальное сравнение полированной мокрой поверхности сырья с эталонным объектов из коллекции идентичных материалов.

Детали рисунка и особенности строения горной породы определяются визуально на полированной поверхности камня под увеличением с помощью микроскопа и в отраженном свете.

В зависимости от количества и характера дефектов и включений, так же как и от степени прозрачности камня, определяется его рыночная стоимость.

Микроскопическое исследование.

Данный этап является более углубленной и точной диагностикой объекта, которая выполняется с помощью специализированного оборудования. Для изучения особенностей строения камней используются разные методы: спектроскопия, рентгеновский и химический анализы.

Оценка готовой ювелирной продукции

GIA – один из самых авторитетных и признанных геммологических институтов в мире, который разработал стандарт, используемый для оценки алмазов и других драгоценных камней. Основной вклад GIA в оценку камней заключается в разработке системы 4C (Цвет, Чистота, Огранка, Каратный вес).

Система 4C от GIA

Цвет (Color): Оценивается по шкале от D (бесцветный) до Z (жёлтый или коричневый). Камни с более высокими характеристиками, близкими к бесцветным, имеют более высокую ценность.

Чистота (Clarity): Оценивается по шкале от Flawless (FL) до Included (I3), в зависимости от наличия включений и трещин. Камни без видимых дефектов ценятся гораздо выше. Огранка (Cut): Это важнейший параметр для камней, таких как алмазы. Оценка основывается на симметрии, пропорциях, а также на качестве полировки. Для алмазов используется шкала от Ideal до Poor.

Каратный вес (Carat weight): Вес камня в каратах (1 карат = 0,2 г). Более тяжелые камни стоят дороже, однако важна не только масса, но и качество огранки.

GIA использует лазерное маркирование для идентификации алмазов и других камней, что гарантирует подлинность.

Почему стандарты важны для оценки?

Объективность: использование международных стандартов позволяет обеспечить объективную оценку, исключая возможные ошибки и манипуляции.

Уверенность в покупках: продавцы и покупатели получают подтверждение в том, что камни оценены по проверенным и признанным мировым стандартам.

Легальность и доверие: лаборатории, такие как GIA, IGI и HRD, предоставляют сертификаты, которые признаются по всему миру, что делает камни, сертифицированные этими институтами, более ликвидными и ценными.

Использование вышеперечисленных международных геммологических стандартов является неотъемлемой частью процесса оценки качества драгоценных камней. Они помогают обеспечить точность, верность и доверие на рынке, а также позволяют покупателям и продавцам уверенно оценивать подлинность и стоимость камней.

Список литературы

1. ГОСТ Р 70183–2022 распространяется на незакрепленные природные ограненные изумруды (ювелирные вставки)

2. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Основы оценки бриллиантов, ювелирных камней и изделий из них» С. А. Ананьев, А. К. Вальд, Л. П. Костененко, В. В. Клейменов, М. П. Кропанина https://uvelir.info/media/xvn/files/2016/02/10/14975228756bb54d515c9c.pdf (дата обращения 15.04.2025)

3. Электронный ресурс https://www.gem-company.ru/оценка-чистоты-драгоценных-камней/ (дата обращения 14.04.2025).

Клочков А.Я.
к.т.н., доцент кафедры электроснабжения,
РГАТУ,
Россия, Рязань
klochkov500@mail.ru
Клочкова Д.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
ddasha2017@yandex.ru
Клочков Я.М.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
gluhihyak@gmail.com
Юдаев С.Н.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
udex@list.ru

НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ФОТОЕМКОСТНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИКИ

Аннотация. Основное требование, к электронным элементам автоматики это, прежде всего качество полупроводниковых и металлических материалов, из которых сделаны элек-

тронные компоненты интегральных микросхем (ИС), используемые в блоках управления автоматики в нейросетевых системах. Особенно актуально применения их для целей оценки оптоэлектронной мехатроники, которая определяется её микроэлементами. Здесь найдены пути повышения стабильности и надёжности этих микроэлементов, которые обладали ли бы прогнозируемыми параметрами и, прежде всего, их оптических свойств датчиков в процессе сбора информации. Качество их определяется оптоэлектронными дефектами в области пространственного заряда (ОПЗ) микроэлементов и ИС. Предлагается методика измерения нестационарной релаксации фотоёмкости диода для определения дефектов в микроэлементах, которые характеризуют точность позиционирования. Выведен алгоритм основной теории определения временной концентрации дефектов. Приведены инженерные расчёты определения концентрации дефектов для экспериментальных релаксационных процессов фотоёмкости структуры.

Ключевые слова: Электронные элементы автоматики; фотоёмкостные методы; оценки оптоэлектронной мехатроники; концентрация дефектов; инженерные расчёты.

Klochkov A.Ya.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Supply
RGATU
Russia, Ryazan
klochkov500@mail.ru
Klochkova D.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ddasha2017@yandex.ru
Klochkov Ya.M.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
gluhihyak@gmail.com
Yudaev S.N.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization,
Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
udex@list.ru

NON-STATIONARY PHOTO-INTENSIVE METHODS FOR EVALUATING ELECTRONIC AUTOMATION ELEMENTS

Abstract. The main requirement for electronic automation elements is, first of all, the quality of semiconductor and metallic materials from which the electronic components of integrated circuits (ICS) used in automation control units in neural network systems are made. It is especially important to use them for the evaluation of optoelectronic mechatronics, which is determined by its trace elements. Here, ways have been found to increase the stability and reliability of these microelements, which would have predictable parameters and, above all, their optical properties of sensors in the process of information collection. Their quality is determined by optoelectronic defects in the area of the spatial charge of microelements and IC. A method for measuring the nonstationary relaxation of the photo capacity of a diode is proposed to determine defects in microelements that characterize the positioning accuracy. An algorithm for the basic theory of determining the time concentration of defects is derived. Engineering calculations for determining the defect concentration for experimental relaxation processes of the structure's photo capacity are presented.

Keywords: Electronic elements of automation; photo-intensive methods; estimates of optoelectronic mechatronics; defect concentration; engineering calculations.

Использование фотоники в настоящее время для целей автоматизации в машиностроении очевидно. Надёжность фотонной электроники зависит от качества её элементной базы, которая в свою очередь определяется стабильностью характеристик полупроводниковых материалов, из которых сделаны микроэлементы и микросхемы для целей автоматики процессов управления мехатронных систем. Требование к управлению достоверных действий автоматики определяется, прежде всего, качеством самого фотонного материала.

Для управления надёжным технологическим процессом производства элементов фотонных схем необходимо задавать стабильные параметры полупроводниковой структуры [1-7]. Эти характеристики зависят от концентрации дефектов в ОПЗ [8-12]. Поэтому исследования их позволит оценить методику определения концентрации этих дефектов [13-18]. Наиболее перспективные методы в этих фотонных материалах являются фотоемкостные методы исследования [1-3]. Очевидно, необходимы расчетные формулы определения концентрации глубоких энергетических центров и их энергетическое положение, которые создаются этими дефектами.

Разработать аналитический алгоритм расчёта параметров фотонных структур, определяя в них природу дефектов через анализ нестационарной фотоёмкостной релаксации концентрации глубоких центров и их энергетического положения в ОПЗ микроэлемента ИС автоматики [19-20]. Таким образом, целью данной работы необходимо дать рекомендации, по использованию полученных формул к определённым классам фотонных материалов, применяемых в автоматике [21-22]. Сущность нестационарного фотоёмкостного метода состоит в воздействии квантов импульсного света на ОПЗ фоточувствительного материала электронных систем автоматики для измерения параметров дефектов. Также назрела необходимость создания математической формулы, которая способна рассчитывать параметры дефектов в фотонном диоде [1-5] автоматики. Здесь предлагается физическая модель формирования аналитической формулы этих исследований [17-21], в которой граничные условия, реального эксперимента учитывает, особенности фотонного материла [7-11] электроники. Это позволит определить достоверную природу дефектов для стабилизации параметров электронных систем управления автоматикой.

Нестационарные емкостные измерения могут осуществляться двумя различными путями: либо путем измерения изменения емкости ΔC при постоянном напряжении обратного смещения, либо путем измерения изменения напряжения обратного смещения ΔV_R при постоянной емкости диода [1-2]. Последняя методика требует более современного оборудования [3-5], за то требования к степени компенсации в этом случае гораздо ниже. Ввиду того, что первая методика требует гораздо менее сложного оборудования и дает значительно меньше шума (являясь, таким образом, более чувствительной) в образцах с меньшими концентрациями глубоких центров, именно эта методика и обсуждается подробнее ниже. Из работ по релаксационным процессам известна функциональная зависимость концентрации глубоких центров от времени [3-8,], которая обычно выглядит таким образом:

$$n_T(t) = \frac{e_p^0}{e_n^0+e_p^0} N_{TT} + \left(n_T(0) - \frac{e_p^0}{e_n^0+e_p^0} N_{TT}\right) exp\left[-(e_n^0 + e_p^0)t\right] \quad (1)$$

Подбирая начальные условия так, чтобы $n_T(0) = N_{TT}$ с помощью соответствующего обратного смещения [1,4-8] в p^+n барьере, который предварительно был закорочен, и облучая затем диод фотонами с энергией hv, так что $E_c - E_v > hv > E_c - E_T$, можно получить зависимость n_T от времени на основе известного уравнения (1)

С учётом выше указанных граничных условий получаем зависимость $n_T(t)$ для данного случая ввиде

$$n_T(t) = \frac{e_p^0}{e_n^0+e_p^0} N_{TT} + \frac{e_n^0}{e_n^0+e_p^0} N_{TT} exp\left[-(e_n^0 + e_p^0)t\right] \quad (2)$$

Дальнейшие наши выводы будут касаться для резких p^+n физических барьеров с единичным глубоким энергетическим дефектом, расположенным в верхней части запретной зоны для носителей заряда. Электроемкость такого ОПЗ определяется по выражению

$$C = \frac{A\varepsilon\varepsilon_0}{W} = \left(\frac{A^2 q\varepsilon\varepsilon_0}{2(V_D+V_R)} N_I\right)^{1/2} \quad (3)$$

где V_D – напряжение потенциала диффузии. Здесь $N_I = N_0 + p_T(t) = (N_D + N_{TT}) - R_T(t)$, выражение (3) достаточно достоверно отражает зависимость, что электрическая емкость указывает степень заселенности энергетического глубокого центра дефекта, которая пропорциональна их концентрации.

Тогда для диодов с условием $N_D >> N_T$ разложение уравнения (3) в ряд Тейлора дает следующее выражение

$$\Delta C = C[n_T(t_1)] - C[n_T(t_2)] = [n_T(t_2) - n_T(t_1)]\frac{1}{2}\left(\frac{A^2\varepsilon\varepsilon_0 q}{2(V_D+V_R)N_D}\right)^{1/2} \quad (4)$$

Уравнение (4) показывает, что малые изменения емкости перехода прямо пропорциональны Δn_T. Далее, подставляя (2) в (4) получим, что постоянная времени для нестационарной емкости задается уравнением (5).

$$\tau = \frac{1}{e_n^0 + e_p^0} \quad (5)$$

То есть, при любых граничных параметрах время релаксации имеет виде (5)

С учетом уравнения (2) результирующее общее изменение емкости, вызванное облучением фотонами с энергией hv можно записать в виде

$$\Delta C = \frac{e_p^0}{e_n^0 + e_p^0} N_{TT}\frac{1}{2}\left(\frac{A^2\varepsilon\varepsilon_0 q}{2(V_D+V_R)N_D}\right)^{1/2} \quad (6)$$

так как по уравнению (2) здесь $n_T(t_2) = n_T(0) = N_{TT}$ и $n_T(t_1) = n_T(\infty) = e_p^0 N_{TT}/(e_p^0 + e_n^0)$. Таким образом, путем измерения ΔC и τ для различных энергий фотонов можно рассчитать спектральное распределение σ_n^0 из уравнения (6), так как $\sigma_n^0 = const\Delta C/(\tau\varphi)$. Измерения являются предельно простыми в интервале энергий $E_T - E_v > hv > E_c - E_T$, так как для этих энергий $e_p^0 = 0$ и абсолютные значения e_n^0 получаются непосредственно из константы времени нестационарности τ.

Практическая значимость, предложения

Спектр e_p^0 получается из аналогичных измерений путем выбора таких начальных условий, чтобы $n_T(0) = 0$. Этого можно достичь путем облучения образца фотонами с энергией $E_T - E_v > hv > E_c - E_T$ до проведения измерений. Если далее переход облучить фотонами с энергией hv, так что выполняется условие $E_c - E_v > hv > E_T - E_v$, то в этом случае спектральное распределение σ_p^0 можно вычислить из соотношения $\sigma_p^0 = const\Delta C/\tau\varphi$, которое легко получается из уравнений (1) и (4). Следует отметить, что постоянная времени релаксации τ в соотношении для σ_p^0 такая же, как и в соотношений для σ_n^0. Для диапазона энергий $E_T - E_v > hv > E_c - E_T$ получается непосредственно из τ, а эту константу можно легко определить путем измерения ΔC для той же энергии фотонов.

Отметим еще, что когда диод облучается фотонами с энергией несколько меньшей, чем половина ширины запрещенной зоны, емкость увеличивается, если $n_T(0) \neq 0$, так как мы предполагаем, что центр расположен в верхней половине запрещенной зоны. Если же центр находится в нижней половине запрещенной зоны и начальные условия таковы, что $n_T(0) \neq N_{TT}$, то облучение фотонами с такой же энергией вызовет уменьшение емкости, на это указывает уравнение (6), так как $n_T(t_1) = n_T(\infty) = N_{TT}$ и $n_T(t_2) = n_T(0) < N_{TT}$.

Таким образом, по знаку ΔC можно определить положение глубокого центра. В этом то и заключается основное отличие методики фототока от методики фотоемкости: методики фототока не позволяют определить положение уровня. Ранее приведенные результаты [3-7], полученные путем измерения оптических поперечных сечений различными методиками с использованием этих переходов имеют хорошую корреляционную сущность приведенный выше анализ нестационарной фотоёмкости электронных систем автоматики [22].

Список литературы

1. Кудряшова, Д. А. Релаксационные процессы технической эксплуатации полупроводниковых материалов и структур в технике / Д. А. Кудряшова, Я. М. Глухих, Т. А. Левина // Инновационные инженерные решения для АПК: Материалы Всероссийской научно-прак-

тической конференции, Рязань, 28 марта 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 200-204. – EDN OSSVTB.

2. Левина, Т. А. К вопросу о влиянии параметров процесса на механические свойства 3D-печати FDM: комплексный обзор / Т. А. Левина, И. С. Кушнир, Я. М. Глухих, А. Я. Клочков // Вестник РГАТУ. – 2023. – Т.15, №3. – С.123-131.

3. Каширин, Д. Е. Анализ точности определения электрических параметров диодов Шоттки, широко применяемых в сельском хозяйстве / Д. Е. Каширин, Т. А. Левина, Я. М. Глухих [и др.] // Инновационные научно-технологические решения для АПК, Рязань, 20 апреля 2023 года. Том Часть II. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С.83-88.

4. Каширин, Д. Е. Оценка качества датчиков, применяемых в сельскохозяйственной технике / Д. Е. Каширин, А. Я. Клочков, Т. А. Левина [и др.] // Вестник РГАТУ. – 2023. – Т.15, №1. – С. 136-143.

5. Глухих, Я. М. Влияние режимов отжига на механические свойства листов алюминиевого сплава / Я. М. Глухих, В. В. Овчинников // Наука и инновации – современные концепции: Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума, Москва, 29 июля 2022 года. – Москва: Инфинити, 2022. – С.130-136.

6. Овчинников, В. В. Свариваемость новых алюминиево-кальциевых сплавов, легированных цинком и магнием, при сварке плавлением / В. В. Овчинников, Я. М. Глухих, Е. О. Проценко // Электрометаллургия. – 2024. – №1. – С.3-15.

7. Клочков, Я. М. Управление бизнес-процессами в АПК / Я. М. Клочков, Д. А. Кудряшова // СМИС-2024. Технологии управления качеством: Материалы Международной научно-технической конференции, Москва, 22–24 мая 2024 года. – Москва: Московский Политех, 2024. – С. 413-419.

8. Клочков, А. Я. Совершенствование технологии и средств контроля сенсорных компонентов сельскохозяйственной техники / А. Я. Клочков, А. И. Чернявский, Я. М. Клочков, Д. А. Кудряшова // СМИС-2024. Технологии управления качеством: Материалы Международной научно-технической конференции, Москва, 22–24 мая 2024 года. – Москва: Московский Политех, 2024. – С.420-428. – EDN AXICWL.

9. Кудряшова, Д. А. Методы оптимизации работы складского хозяйства полиграфических предприятий / Д. А. Кудряшова // СМИС-2024. Технологии управления качеством: Материалы Международной научно-технической конференции, Москва, 22–24 мая 2024 года. – Москва: Московский Политех, 2024. – С.558-564. – EDN NWVRME.

10. Левина, Т. А. Надёжность электронных систем, обеспечивающих нейронные связи искусственного интеллекта в сельскохозяйственном машиностроении / Т. А. Левина, А. В. Шемякин, Я. М. Клочков [и др.] // Вестник РГАТУ.–2024. – Т.16, №3. – С.141-150.

11. Глухих, Я. М. Особенности полупроводникового материала повышенной стойкости для датчиков Холла сельскохозяйственной техники / Я. М. Глухих, Д. А. Кудряшова, Т. А. Левина // Научно-исследовательские решения высшей школы: Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань: РГАТУ, 2023. – С.13-14.

12. Глухих, Я. М. Параметры и свойства материалов при низкотемпературном освещении ОКГ интеллектуальных электронных технических систем АПК / Я. М. Глухих, Д. А. Кудряшова, Т. А. Левина // Научно-исследовательские решения высшей школы: Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань: РГАТУ, 2023. – С.15-16.

13. Кудряшова, Д. А. Свойства полупроводникового материала для интеллектуальной системы АПК в далёкой инфракрасной области / Д. А. Кудряшова, Я. М. Глухих, Т. А. Левина // Научно-исследовательские решения высшей школы: Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань, 26 декабря 2023 года. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С.31-32.

14. Кудряшова, Д. А. Сенсоры в сельскохозяйственной технике / Д. А. Кудряшова, Я. М. Глухих, Т. А. Левина // Научно-исследовательские решения высшей школы: Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань, 26 декабря 2023 года. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С.33-34.

15. Bavykin, O. Use of fractal analysis to evaluate the surface quality of agricultural machinery parts / O. Bavykin, T. Levina, V. Matrosova [et al.] // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. – P.00189.

16. Борисова, Д. В. Риски реализации инновационной стратегии предприятия / Д. В. Борисова, Т. А. Левина // Вестник ААЭП. – 2020. – №4-1. – С.12-18.

17. Makolov, V. I. Assessment of key aspects of the organizational context for quality management / V. I. Makolov, T. A. Levina // International Journal of Economic Perspectives. – 2017. – Vol. 11, No.4. – P.642-651. – EDN WUEJAW.

18. Клочков, А. Я. Дифференциальный метод как один из инструментов функционального анализа сельскохозяйственных технических систем / А. Я. Клочков, Т. А. Левина, В. В. Мартишкин, Я. М. Глухих // Вестник РГАТУ. – 2022. – Т.14, №4. – С.145-153.

19. Кузьменко, А. П. Место DLTS в тестировании промышленных технологий, трудности и противоречия существующей теории / А. П. Кузьменко, А. Я. Клочков, Т. А. Левина, А. М. Левин // Физика и технология наноматериалов и структур: Сборник научных статей 3-й Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Курск, 23–25 мая 2017 года. Том 2. – Курск: ЗАО «университетская книга», 2017. – С.309-313.

20. Vyacheslavova, O. Analysis of the data collection and processing system for assessing the actual reliability of domestic tractors exemplified by PJSC «Promtractor» / O. Vyacheslavova, I. Parfenyeva, T. Levina, A. Klochkov // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. – P.00190.

21. Клочков, А. Я. Обучение на основе науки / А. Я. Клочков, Т. А. Глухих // В мире научных открытий. – 2010. – №1-2(7). – С.204-206. – EDN KZDMPT.

22. Левина, Т. А. Проектирование адаптивной системы менеджмента качества на машиностроительных предприятиях / Т. А. Левина, Г. И. Грозовский, А. С. Макушкин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – №12. – С.58-61.

Иванушкин Д.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
petriv2209@gmail.com
Алексашина О.В.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
olaslavna@yandex.ru

АНАЛИЗ МЕТОДОВ КАЛИБРОВКИ ВЕКТОРНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ ЦЕПЕЙ

Аннотация. Статья посвящена калибровке векторных анализаторов цепей (ВАЦ) для точного измерения характеристик фильтров в диапазонах VHF/UHF (30 МГц – 3 ГГц). Анализируются и сравниваются методы калибровки SOLT, TRL и электронная калибровка (ECal), их адаптация к частотным особенностям и факторы, ограничивающие точность. Рассматриваются теоретические основы ВАЦ, S-параметры, модель 12 ошибок. Результаты направлены на оптимизацию тестирования фильтров.

Ключевые слова: Векторный анализатор цепей (ВАЦ); VHF / UHF диапазоны; S-параметры; SOLT калибровка; TRL калибровка; Электронная калибровка (ECal).

Ivanushkin D.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
petriv2209@gmail.com
Aleksashina O.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
olaslavna@yandex.ru

THEORETICAL FOUNDATIONS OF VECTOR NETWORK ANALYZER CALIBRATION FOR FILTER MEASUREMENTS IN VHF/UHF FREQUENCY RANGES

Abstract. This article is devoted to the calibration of vector network analyzers (VNAs) for the accurate measurement of filter characteristics in the VHF/UHF bands (30 MHz – 3 GHz). The SOLT, TRL, and electronic calibration (ECal) methods are analyzed and compared, along with their adaptation to frequency-specific characteristics and factors limiting accuracy. The theoretical foundations of VNAs, S-parameters, and the 12-term error model are considered. The results aim to optimize filter testing.

Keywords: Vector Network Analyzer (VNA); VHF/UHF bands; S-parameters; SOLT calibration; TRL calibration; Electronic calibration (ECal).

Современные системы радиосвязи, телевещания и профессиональной коммуникации, функционирующие в диапазонах VHF (30–300 МГц) и UHF (300 МГц – 3 ГГц), предъявляют высокие требования к точности характеристик фильтрующих устройств. Фильтры, обеспечивающие селекцию полезных сигналов и подавление помех, критически важны для сохранения целостности радиотрактов. Однако их метрологический анализ осложняется рядом факторов, включая влияние паразитных параметров измерительных цепей, неидеальностью калибровочных стандартов и зависимостью результатов от частоты, особенно в верхней части UHF-диапазона [4].

Векторные анализаторы цепей (VNA), измеряющие комплексные S-параметры, являются основным инструментом для оценки амплитудно-частотных (АЧХ) и фазо-частотных (ФЧХ) характеристик фильтров. Ключевым этапом обеспечения точности таких измерений остается корректная калибровка оборудования, направленная на устранение систематических погрешностей, вызванных кабелями, переходами и несовершенством измерительной аппаратуры [4]. В диапазонах VHF/UHF, где длина волны соизмерима с физическими размерами соединительных элементов, методы калибровки (такие как SOLT и TRL) требуют особого внимания к учету потерь, фазовых сдвигов и согласования импедансов [1, 3].

Целью данной работы является анализ методов калибровки векторных анализаторов цепей, применяемых для метрологической аттестации фильтров в диапазонах VHF/UHF. Особое внимание уделяется сравнительному изучению алгоритмов SOLT (Short-Open-Load-Thru) и TRL (Thru-Reflect-Line), их адаптации к частотным особенностям в диапазонах VHF/UHF, а также выявлению факторов, ограничивающих точность измерений [1–3]. Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации процедур тестирования фильтров в системах радиовещания, авиационной и морской связи, где требования к воспроизводимости результатов и стабильности параметров особенно высоки [5].

2. Теоретические основы векторных анализаторов цепей

Векторные анализаторы цепей (ВАЦ) служат основным инструментом для комплексного анализа радиочастотных устройств, включая фильтры, благодаря их способности измерять S-параметры – ключевые характеристики, описывающие взаимодействие сигнала с тестируемым устройством [4]. Эти параметры, такие как S_{11}, S_{21}, S_{22} и S_{12}, формируют матрицу рас-

сеяния, которая показывает как отражательные, так и передаточные свойства устройства. Например, S_{11} и S_{22} характеризуют согласование импеданса на входе и выходе фильтра, что особенно критично в диапазонах VHF/UHF, где несовпадение импеданса с эталонными 50 Ом приводит к значительным потерям и искажениям амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) [5]. В полосе пропускания фильтра значения S_{11} и S_{22} должны быть минимизированы (например, ниже -20 дБ), чтобы обеспечить эффективное подавление отраженных сигналов.

Параметр S_{21}, отражающий прямую передачу сигнала, является центральным для оценки эффективности фильтра. Он определяет затухание в полосе пропускания и уровень подавления вне её границ. Параметр S_{12}, описывающий обратную передачу сигнала, часто совпадает с S_{21} для пассивных взаимных устройств, таких как классические LC-фильтры. Однако в системах с несимметричной топологией или при наличии направленных элементов (например, ферритовых изоляторов) S_{12} может существенно отличаться, что требует отдельного анализа для предотвращения паразитной обратной связи в каскадных схемах.

Измерение коэффициента стоячей волны (КСВ, или VSWR) напрямую связано с параметрами S_{11} и S_{22}, так как КСВ рассчитывается через модуль коэффициента отражения Г, который соответствует этим S-параметрам. Для входного порта КСВ определяется как:

$$VSWR = \frac{1 + |S_{11}|}{1 - |S_{11}|}$$

а для выходного порта:

$$VSWR = \frac{1 + |S_{22}|}{1 - |S_{22}|}$$

В полосе пропускания фильтра, где S_{11} и S_{22} стремятся к нулю (например, -20 дБ соответствует $|Г| \approx 0.1$), КСВ приближается к идеальному значению 1:1, что указывает на полное согласование импеданса с линией передачи 50 Ом. Напротив, вне полосы пропускания, где $|S_{11}|$ и $|S_{22}|$ возрастают, КСВ увеличивается, сигнализируя о рассогласовании и росте потерь на отражение.

При измерениях в диапазонах VHF/UHF точность определения КСВ критически зависит от калибровки VNA, так как фазовые сдвиги в измерительных трактах искажают комплексные значения S_{11}/S_{22}, что приводит к ошибкам в расчёте модуля |Г|. Например, нескомпенсированные потери в кабелях на частотах выше 1 ГГц могут занижать измеренные $|S_{11}|$, маскируя реальное рассогласование. Кроме того, при высоком КСВ (например, >3:1) многократные переотражения между портами устройства и анализатором создают колебания в АЧХ, что требует использования методов коррекции (например, математического устранения влияния S_{22} на S_{11}).

При измерениях в диапазонах VHF/UHF точность определения КСВ критически зависит от калибровки VNA, так как фазовые сдвиги в измерительных трактах искажают комплексные значения S_{11}/S_{22}, что приводит к ошибкам в расчёте модуля |Г|. Например, нескомпенсированные потери в кабелях на частотах выше 1 ГГц могут занижать измеренные $|S_{11}|$, маскируя реальное рассогласование. Кроме того, при высоком КСВ (например, >3:1) многократные переотражения между портами устройства и анализатором создают колебания в АЧХ, что требует использования методов коррекции (например, математического устранения влияния S_{22} на S_{11}).

Особую сложность при измерениях в диапазонах VHF/UHF представляет зависимость результатов от физических параметров измерительной цепи. На частотах до 3 ГГц длина волны варьируется от десятков метров до менее полуметра, что делает систему чувствительной к фазовым сдвигам, вызванным кабелями и переходами. Например, на частоте 500 МГц даже 10-сантиметровый кабель вносит фазовый сдвиг, способный исказить измерения S_{12} и S_{21}. Кроме того, потери в коаксиальных линиях на верхней границе UHF усиливают погрешности, особенно при измерении малых значений S_{21}, что требует тщательной калибровки оборудования. Взаимное влияние параметров также играет роль: высокий коэффициент отражения на выходе (S_{22}) может привести к многократным переотражениям сигнала, искажающим результаты измерения S_{21}.

Модель Ошибок

Модель ошибок предполагает наличие исследуемого устройства (ИУ) с систематическими погрешностями, возникающими на каждом из портов и измеряемыми векторным анализатором цепей (ВАЦ). Чаще всего используется 12-элементная модель, так как её компоненты соответствуют реальным и интуитивно понятным источникам ошибок. На рисунках 1 и 2 представлены графы, иллюстрирующие эту модель для прямого и обратного направлений измерений.

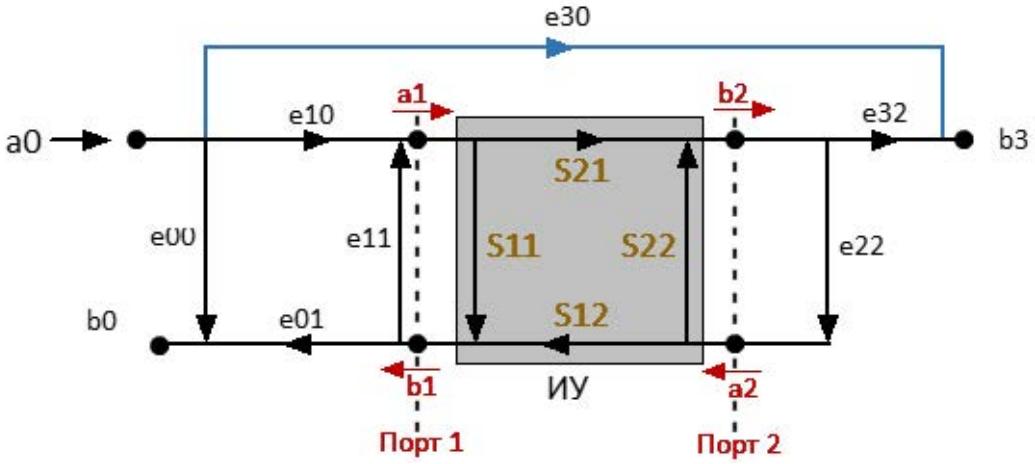


Рис. 1. 12-элементная модель ошибок (прямое направление измерения)

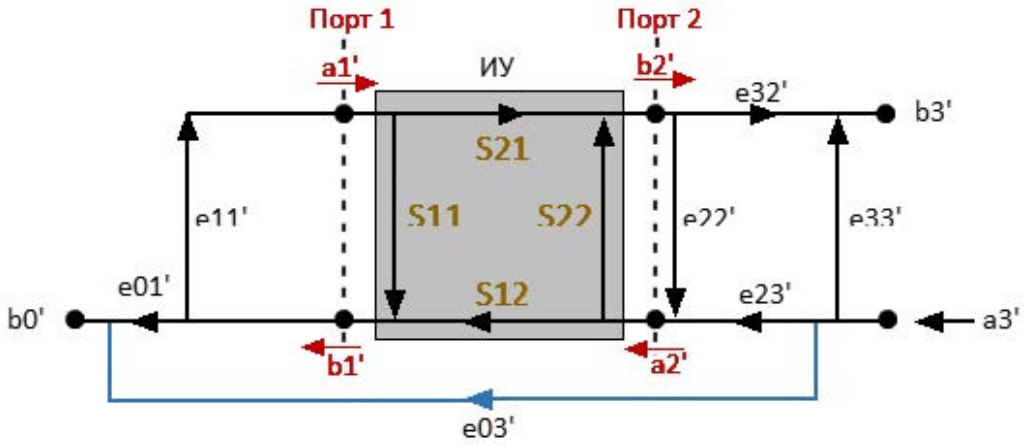


Рис. 2. 12-элементная модель ошибок (обратное направление измерения)

Элементы модели включают ошибку направленности (e00, e33’), ошибку трекинга отражения (e10e01, e23’e32’), ошибку согласования источника (e11, e22’), ошибку трекинга передачи (e10e32, e23’e01’), ошибку согласования нагрузки (e22, e11’) и ошибку изоляции (e30, e03’). На графах (рисунки 1 и 2) стрелки обозначают направление волн. Точки a0 и b0, изображенные на рисунке 1, физически представляют собой один проводник, хотя на схеме разделены для визуализации направленных потоков сигналов e10 и e01. Сигнал e11 суммируется с e10 и направляется к точке a1, тогда как a0 выступает независимым источником, не подверженным влиянию других сигналов, поскольку к нему не ведут векторы. Остальные узлы зависят от a0 и S-параметров последующих цепей.

Ошибка направленности e00 возникает из-за утечки падающего сигнала в направленном ответвителе ВАЦ. В идеале ответвитель должен разделять падающий и отраженный сигналы, но на практике часть энергии просачивается в измерительный тракт отраженной волны. Ошибка трекинга отражения e10e01 связана с потерями при прохождении сигнала через кабели и разъемы (e10) и его возврате после отражения от ИУ (e01). Ошибка согласования источника e11 отражает отклонение импеданса источника от номинального значения 50 Ом, вызванное неидеальностью кабелей и соединителей.

Ошибка трекинга передачи e10e32 аналогична трекингу отражения, но дополнительно включает погрешности в тракте передачи сигнала к другому порту (e32). Ошибка согласования нагрузки e22 обусловлена отклонением импеданса на выходе ИУ от 50 Ом, включая влияние выходного кабеля и характеристик самого ВАЦ. Ошибка изоляции e30 возникает при прохождении сигнала в обход ИУ, например, из-за электромагнитной связи между щупами зондовой станции. Обычно эта погрешность пренебрежимо мала по сравнению с шумом приемника ВАЦ.

Для устранения ошибок выполняется калибровка путем измерения эталонных нагрузок с известными параметрами. Например, ошибку направленности определяют, подключая к порту нагрузку, которая минимизирует отражение. Сигнал утечки, зафиксированный в этом режиме, вычитается из результатов измерений. Однако реальные нагрузки неидеальны: даже калибровочная мера на 26,5 ГГц может создавать отражение до -30 дБ, что ограничивает точность коррекции. Использование скользящей нагрузки улучшает результаты, но не полностью устраняет погрешности.

После калибровки систематические ошибки значительно снижаются, но остаются остаточные погрешности. Например, исходная направленность ответвителя ВАЦ 18 дБ может быть улучшена до 30 дБ при механической калибровке или до 40 дБ с автоматическим модулем (АКМ). Полная ликвидация ошибок невозможна, однако их уровень становится достаточно низким для проведения точных измерений.

Метод SOLT основан на использовании четырёх эталонных нагрузок: короткого замыкания (Short), разрыва (Open), согласованной нагрузки (Load) и прямого соединения портов (Thru). Эти эталоны позволяют определить 12 систематических ошибок модели VNA, включая направленность, согласование портов и трекинг. Короткое замыкание и разрыв должны быть максимально близки к идеальным реактивным элементам (нулевая длина линии), а нагрузка – обеспечивать точные 50 Ом во всём частотном диапазоне. Thru-соединение требует минимального рассогласования и потерь.

Рисунок 3 иллюстрирует процесс калибровки вариации SOLT (TOSM) на приборах Rohden&Swarhz.

Метод SOLT (Short-Open-Load-Thru)

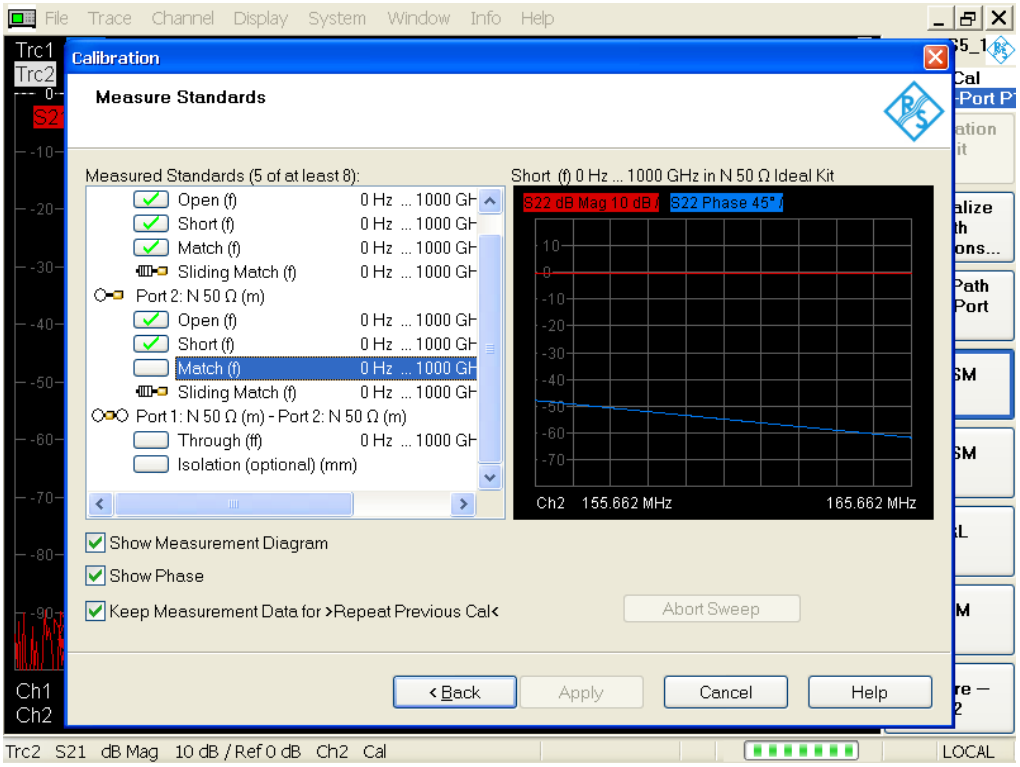


Рис. 3. Этап SOLT калибровки на ВАЦ Rohden&Swarhz

На практике калибровка выполняется последовательным подключением Short, Open и Load к каждому порту, после чего порты соединяются через Thru. Алгоритм ВАЦ анализирует отклики эталонов и вычисляет поправочные коэффициенты. Главное преимущество SOLT – универсальность для коаксиальных и волноводных интерфейсов, но на частотах UHF паразитные ёмкости (в Open) и индуктивности (в Short) искажают результаты. Для минимизации ошибок используются калибровочные комплекты с сертифицированными параметрами (например, разъёмы N-type до 3 ГГц) и сокращается длина соединений между эталонами и портами.

Метод TRL (Thru-Reflect-Line)

TRL-калибровка устраняет зависимость от точных эталонов, используя три компонента: прямое соединение (Thru), отражатель (Reflect) и линию передачи (Line).

Метод включает три этапа:

Thru (Нулевая длина) – задает эталонный путь.

Reflect (Отражатель) – короткозамыкающая пластина (КСВН ≥60).

Line (Линия) – секции с известным фазовым сдвигом (например, 1/4λ, 1/8λ, 3/8λ).

Процедура начинается с измерения Thru, затем Reflect подключается к каждому порту, а вместо Thru устанавливается Line. Алгоритм вычисляет ошибки, сравнивая разность фаз между Thru и Line. Длина линии рассчитывается по формуле:

$$20 < \frac{360 \times f \times L}{v} < 160\#(1)$$

где L – Длинна линии. Разность фаз между TRL-линией и опорной линией, либо перемычкой должна быть не менее 20° на нижней частоте и не более 160° на верхней частоте калибровки.

Опционально, существуют адаптированные методы для решения специфических задач:

LRL (линия-отражатель-линия) – заменяет сквозное соединение второй линией, что полезно при несовместимости разъемов. Использует две секции разной длины (например, 1/8λ и 3/8λ).

TRM (сквозное соединение-отражатель-согласованная нагрузка) – заменяет одну линию согласованной нагрузкой (КСВН ≤1.03), расширяя полосу частот и избегая сингулярностей в алгоритме TRL.

3. Электронная калибровка (ECal)

Электронная калибровка заменяет механические эталоны модулем, эмулирующим Short, Open, Load и Thru с помощью встроенных электронных компонентов. Модуль подключается к портам VNA, и калибровка выполняется автоматически за 1–2 минуты. ECal исключает человеческие ошибки и подходит для полевых условий, но стоимость модулей высока, а на частотах выше 3 ГГц возможны температурные дрейфы.

Калибровка векторных анализаторов цепей (VNA) для измерений фильтров в диапазонах VHF/UHF является критически важным этапом, определяющим точность и достоверность результатов. Каждый из рассмотренных методов калибровки обладает уникальными преимуществами и ограничениями, что делает их применимыми в различных сценариях:

SOLT остается базовым методом благодаря простоте и универсальности. Однако его точность напрямую зависит от качества механических эталонов (короткое замыкание, разрыв, нагрузка), что на частотах UHF требует использования сертифицированных калибровочных комплектов с минимальными паразитными параметрами.

TRL и его вариации (LRL, TRM) обеспечивают высочайшую точность на высоких частотах (вплоть до миллиметрового диапазона), устраняя зависимость от идеальности отражателей. Эти методы незаменимы для волноводных систем и PCB-трассировок, где реализация точных SOLT-эталонов затруднена

ECal упрощает процесс калибровки за счет автоматизации, но уступает в точности на верхних частотах UHF из-за температурных дрейфов и ограничений электронных компонентов.

Список литературы

1. Векторные анализаторы цепей. Введение в теорию калибровки ВАЦ [Электронный ресурс] // Planarchel: сайт. – URL: https://planarchel.ru/info/articles/vektornye_analizatory_tsepey/vvedenie_v_teoriyu_kalibrovki_vats/ (дата обращения: 01.04.2025).

2. Иванов Д. А. Повышение точности измерений параметров СВЧ-устройств с использованием методов самокалибровки: дис. канд. техн. наук. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. 178 с.

3. Жуков И. П., Сергеев В. М. Автоматизированные системы калибровки векторных анализаторов цепей // *Известия вузов. Приборостроение*. 2018. № 7. С. 45–52.

4. Engen G. F., Hoer C. A. Thru-Reflect-Line: An Improved Technique for Calibrating the Dual Six-Port Automatic Network Analyzer // *IEEE Transactions on Microwave*

5. TRL Calibration [Электронный ресурс] // *Coppermountaintech*. – 2019. – URL: https://coppermountaintech.com/wp-content/uploads/2019/08/TRL-Calibration.pdf (дата обращения: 01.04.2025).

Тараскина П.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
polinataraskina@mail.ru
Алексашина О.В.
к.т.н., доцент, доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
olaslavna@yandex.ru

МЕТОДЫ КАЛИБРОВКИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Аннотация. Информационно-измерительные системы представляют собой элементы областей, где точность и надежность измерений являются основополагающими. С течением времени характеристики этих систем подвержены изменениям под воздействием различных внешних факторов. В связи с этим актуализируется необходимость разработки и совершенствования методов калибровки, направленных на поддержание метрологических параметров Информационно-измерительные системы на требуемом уровне точности и стабильности. Калибровка Информационно-измерительных систем является ключевым аспектом их эксплуатации, обеспечивающим корректность и воспроизводимость измерений. В данной статье проводится углубленный анализ методологических аспектов калибровки информационно-измерительных систем. Особое внимание уделяется выявлению ключевых проблем в области испытаний этих систем, требующих комплексного подхода и использования знаний и навыков нескольких дисциплин для их эффективного решения.

Ключевые слова: калибровка, информационно-измерительная система, эталон, измерительный канал.

Taraskina P.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
polinataraskina@mail.ru
Aleksashina O.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
olaslavna@yandex.ru

CALIBRATION METHODS INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEMS

Abstract. Information and measurement systems are elements of areas where accuracy and reliability of measurements are fundamental. Over time, the characteristics of these systems are subject to changes under the influence of various external factors. In this regard, there is an urgent need to develop and improve calibration methods aimed at maintaining the metrological parameters of Information and Measurement systems at the required level of accuracy and stability. Calibration of Information and measurement systems is a key aspect of their operation, ensuring the correctness and reproducibility of measurements. This article provides an in-depth analysis of the methodological aspects of calibration of information and measurement systems. Special attention is paid to identifying key problems in the field of testing these systems, which require an integrated approach and the use of knowledge and skills from several disciplines to effectively solve them.

Keywords: calibration, information and measurement system, standard, measuring channel.

В условиях стремительного развития технологий и увеличения объемов данных, информационно-измерительные системы (далее ИИС) становятся незаменимыми инструментами для организаций, стремящихся оптимизировать свои процессы. ИИС представляет собой комплекс, который включает в себя измерительные, вычислительные и другие вспомогательные технические устройства, объединённые для получения измерительных данных [1]. Эти данные преобразуются и обрабатываются, чтобы предоставить их пользователю в нужном формате. Также ИИС может автоматически выполнять логические функции измерения, контроля, диагностики и идентификации образцов.

ИИС находят широкое применение в различных сферах экономики: от производства передовых материалов до создания медицинских диагностических инструментов и контроля качества продукции. Точность и надёжность таких систем в значительной степени зависят от регулярности и эффективности процедур калибровки. Современная промышленность предъявляет высокие требования к качеству проводимых измерений, что делает проблему калибровки особенно актуальной.

Калибровка представляет собой процесс определения отклонений показаний прибора относительно эталонных значений и внесения соответствующих поправок. Однако традиционные методы калибровки зачастую оказываются недостаточно эффективными в условиях высокой динамичности производственных процессов, сложности измеряемых каналов (далее ИК) ИИС, не подлежащие применению или не применяемые в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора [2].

Калибровка ИК системы может быть реализована двумя методологическими подходами: комплектным и поэлементным. В случае, когда проведение калибровки комплектным методом оказывается технически или методологически неосуществимым, прибегают к поэлементному методу. Под элементами ИК системы подразумеваются отдельные средства измерений или их совокупность и другие технических средств, включая устройства и линии связи, задействованные в функционировании ИК. При поэлементной калибровке ИК системы осуществляется последовательная калибровка каждого элемента, начиная с первичного

измерительного преобразователя или его комбинации с измерительным преобразователем, и заканчивая электрическим трактом ИК [3]. Таким образом, поэтапная калибровка каждого компонента ИК системы обеспечивает высокую точность и надежность измерений, что важно для обеспечения корректной работы всей системы в целом.

Для проведения процедуры калибровки применяются эталонны, которые позволяют воспроизводить и/или сохранять физические величины с максимальной точностью. Эти эталоны используются для передачи своих значений измерительным каналам (ИК) от соответствующих государственных эталонов. В процессе калибровки можно использовать встроенные эталоны и источники сигналов, которые интегрированы в ИИС. Также можно заменить используемые эталоны на альтернативные, если их технические характеристики соответствуют или не хуже характеристик эталонных устройств.

Проведение экспериментальных исследовании осуществляется по структурным схемам. Комплексным методом (Рис. 1) проводится калибровка ИК, которая содержит Э – эталон; ПИП – первичный измерительный преобразователь; ИП – измерительный преобразователь; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; К – коммутатор; УСВК – устройство связи с вычислительным комплексом; СПИ – средство представления информации; ВК – вычислительный комплекс; ПУ – печатающее устройство; ИнК – информационный комплекс. Поэлементный метод (Рис. 2) дополнительно содержит УК – устройство коммутации, с помощью которого поочередно подается сигнал от эталона (Э) или первичного измерительного преобразователя (ПИП). Образцовый сигнал от эталона (Э) подается на устройство коммутации, нормализации и преобразования (УКНП); С и Д – линии связи. Положение 1 УК – рабочее состояние ИК; 2 – калибровка.

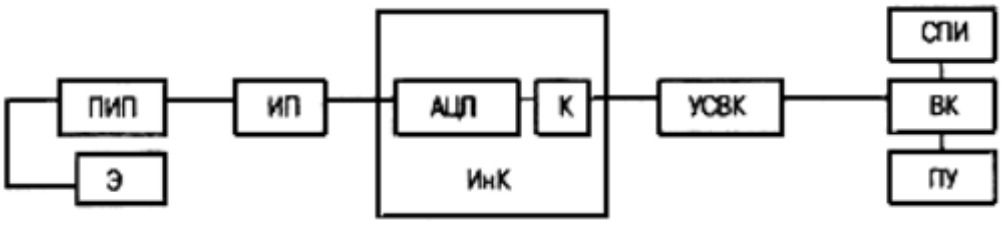


Рис. 1. Структурная схема комплексного метода калибровки ИИС

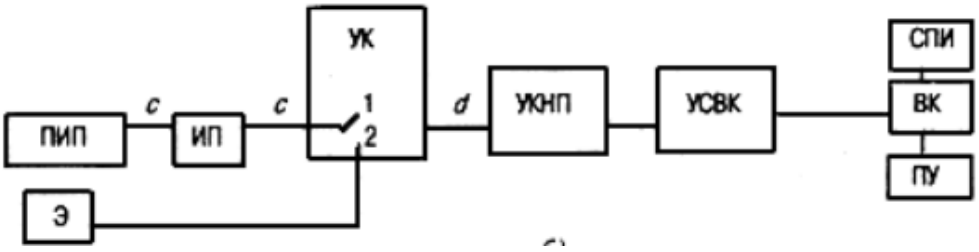


Рис. 2. Структурная схема поэлементного метода калибровки ИИС

Уникальность каждой ИИС обусловливает необходимость постоянного мониторинга её метрологических характеристик и компонентов в условиях эксплуатации. Этот аспект представляет собой существенную проблему, требующую комплексного подхода к её решению. Одним из наиболее перспективных решений в этой области является разработка и совершенствование методов самокалибровки и самодиагностики измерительных каналов ИИС. Самокалибровка и самодиагностика представляют собой важные функции, обеспечивающие поддержание высокой точности и надежности измерений. В условиях динамически изменяющихся условий эксплуатации, таких как температурные колебания, вибрации и электромагнитные помехи, эти методы позволяют своевременно выявлять и корректировать отклонения в работе измерительных каналов.

Расширение перечня измеряемых параметров в рамках (ИИС) предполагает интеграцию системы в многоуровневую цепочку поверочных схем. Для обеспечения процедуры са-

мокалибровки и поддержания метрологической стабильности ИИС должны быть оснащены встроенными эталонами. Это не только повышает требования к точности транспортируемых эталонов, но и выводит систему на более высокий уровень поверочных схем, что способствует повышению общей достоверности и надежности измерений [4].

Список литературы

1. Крюков В.В. Информационно-измерительные системы. Учебное пособие. – Владивосток: ВГУЭС, 2000. – 102 с.

2. ГОСТ Р 8.596-2002 ГСИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения. Введ. 2003-03-01.

3. РД 153-34.0-11.205-98 Методические указания. Измерительные каналы информационно-измерительных систем. Организация и порядок проведения калибровки. Введ. 2000-11-01.

4. Парахуда Р. Н., Литвинов Б.Я. Информационно-измерительные системы: Письменные лекции. – СПб.: СЗТУ, 2002, – 74с.

Секция 2
МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Джаманбалин Б.К.
доктор PhD,
Костанайский социально-технический университет имени академика З. Алдамжар,
Казахстан, Костанай
Джаманбалин К.К.
д.ф.-м.н., профессор,
Костанайский социально-технический университет имени академика З. Алдамжар,
Казахстан, Костанай,
sovetnik@kosstu.edu.kz

НАНОТЕХНОЛОГИИ И АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ КАЗАХСТАНА

Аннотация. С увеличением экономической активности растет потребление электроэнергии, что требует расширения производственных мощностей. В 2024 году правительство Казахстана предприняло значительные шаги для сбалансированного развития традиционных и возобновляемых источников энергии. Настоящая статья посвящена полупроводниковым гибридным структурам для преобразования энергии светового излучения в электрическую энергию, которые могут быть использовано при создании альтернативных источников энергии. В качестве примера приведены альтернативные источники энергии, вводимые в Костанайской области Казахстана.

Ключевые слова: нанотехнология, гетероструктуры, углеродные нанотрубки, фотоэнергетика, альтернативная энергетика.

Dzhamanbalin B.K.
Doctor of PhD
Kostanay Social and Technical University named after Academician Z. Aldamzhar
Kazakhstan, Kostanay
Dzhamanbalin K.K.
Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Professor
Kostanay Social and Technical University named after Academician Z. Aldamzhar
Kazakhstan, Kostanay
sovetnik@kosstu.edu.kz

NANOTECHNOLOGY AND ALTERNATIVE ENERGY SOURCES FOR INDUSTRIAL PRODUCTION IN KOSTANAY REGION OF KAZAKHSTAN

Abstact. As economic activity increases, electricity consumption increases, which requires the expansion of production capacities. In 2024, the Government of Kazakhstan has taken significant steps to balance the development of traditional and renewable energy sources. This article is devoted to semiconductor hybrid structures for converting the energy of light radiation into electrical energy, which can be used to create alternative energy sources. Alternative energy sources introduced in the Kostanay region of Kazakhstan are given as an example.

Keywords: nanotechnology, heterostructures, carbon nanotubes, photoenergy, alternative energy.

Сегодня особенно актуально стоит вопрос разработки новых подходов в нетрадиционной энергетике. Преобразование солнечной энергии в электрическую является одним из перспективных направлений в области создания альтернативной экологически чистой энергетики. Существуют различные виды солнечных батарей, доминирующее место среди которых в настоящее время все еще занимают устройства на основе кристаллического кремния – это, так называемое, первое поколение солнечных батарей. Кремниевые солнечные батареи известны уже более чем полвека. Наилучшие образцы таких солнечных батарей обладают эффективностью преобразования энергии около 25%.

В настоящее время в общественном сознании крепнет убежденность в том, что энергетика будущего должна базироваться на крупномасштабном использовании солнечной энергии. Ставка на солнечную фотоэнергетику должна рассматриваться как беспроигрышный и безальтернативный выбор человечества. Разработаны и созданы каскадные солнечные элементы с КПД 30-35 % при концентрированном солнечном облучении [1]. В работе [2] показана возможность применения углеродных нанотрубок в тонкопленочных фотоэлектрических преобразователях.

Рынок солнечной возобновляемой энергетики – коммерческий очень перспективный рынок, характеризующийся следующими факторами:

- к середине века запасы нефти и газа будут близки к истощению, и солнечная энергетика должна компенсировать их уменьшающую добычу;
- увеличивающийся выброс двуокиси углерода в атмосферу должен привести к ускоренному развитию экологический чистой солнечной фотоэнергетики;
- к концу 21 века солнечная энергетика будет доминирующим источником возобновляемой энергии с долей 60%.

Несмотря на положительную тенденцию развития солнечной энергетики, имеется существенный сдерживающий фактор – высокая стоимость фотоэнергосистем, обусловленная как дороговизной основного материала – кремния, так и дороговизной технологического процесса.

Преодолевая ограничения, связанные с накоплением продуктов горения в атмосфере, можно сделать вывод, что несмотря на огромные запасы в недрах Казахстана углеводородного топлива, все же в XXI веке придется развивать свою ядерную энергетику, соблюдая разумный баланс производства электрической и тепловой энергии между различными типами энергоисточников с учетом сохранения приемлемой среды обитания человека [3].

В статьях [4,5] рассмотрены факторы, которые оказывают определенное влияние на энергоэффективность казахстанской экономики. Компетентное управление этими факторами будет способствовать движению в направлении более устойчивого энергетического будущего и энергоэффективной экономики.

Перспективным путем снижения стоимости солнечной энергетики является использование нанотехнологий для создания фотоэнергосистем с концентраторами солнечного излучения.

Гетероструктурные фотопреобразователи имеют большие перспективы как для наземной, так и для космической энергетики, если они используются в системах с концентрированием солнечной энергии, которое может осуществляться, например, с помощью линз Френкеля с коэффициентом концентрации до 1000 крат. Солнечное излучение, падающее, например, на поверхность 40х40 мм, концентрируется на площади менее 3 мм^2. Элементы при этом не нагреваются из-за малой единичной мощности (~1Вт) солнечного излучения.

Наиболее перспективным путем решения этих задач является разработка гетероструктурных фотопреобразователей (ФЭП) из арсенида галлия и родственных ему соединений. ФТИ им. А.Ф. Иоффе разработаны и созданы фотопреобразователи на основе AlGaAs/GaAs гетероструктур, сохраняющие высокую эффективность преобразования при высоких (до 5000 крат) концентрации солнечного излучения. В наноструктуре трехкаскадного фотопреобразователя (ФЭП) осуществляется «расщепление» солнечного излучения на три спектральных участка, для каждой из которых подобран оптимальный полупроводник (Ge, GaAs, GaInP) для эффективного преобразования света.

Углеродные нанотрубки могут применяться в фотоэлектрических преобразователях для изготовления тонкоплёночных солнечных элементов**.** В них нанотрубки служат как центрами фотогенерации, так и слоем для сбора и переноса носителей заряда. Также углеродные нанотрубки могут использоваться в качестве антенны для захвата света. Например, «солнечная воронка» состоит из волокнистых волокон, которые состоят из двух различных слоёв нанотрубок. Когда свет падает на внешний слой с более высоким потенциалом (ширина запрещенного слоя), он проходит из этого слоя в слой, где ширина запрещённой зоны ниже, который концентрирует энергию.

Фотоэлектрический эффект может быть достигнут в идеальных одностенных диодах из углеродных нанотрубок. Отдельные одностенные углеродные нанотрубки могут образовывать идеальные диоды с p-n переходом.

Одностенные углеродные нанотрубки обладают широким диапазоном прямых запрещенных зон, соответствующих солнечному спектру, сильным фотопоглощением от инфракрасного до ультрафиолетового диапазона, а также высокой подвижностью носителей и уменьшенным рассеянием при переносе носителей, что делает их идеальным фотоэлектрическим материалом. Углеродный фотоэлемент состоит из светочувствительного слоя, помещенного между двух электродов. Концентрация света с помощью углеродных нанотрубок, могут привести к значительному увеличению КПД солнечных батарей. Используя углеродные нанотрубки, можно сконцентрировать в 100 раз больше солнечной энергии, чем обычный фотоэлемент.

Ранее, в аналогичных разработках, использование нанотрубок сводилось к передаче электрического заряда кремниевому фотоэлементному материалу. В этом эксперименте выбран другой путь решения проблемы. Был создан ультратонкий лист в виде пленки из углеродных нанотрубок, размещенный на тонком листе фуллерена С60. При такой конструкции, нанотрубки абсорбируют солнечный свет, получая при этом положительный заряд, а слой фуллерена получает отрицательный. Дело в том, что этот элементарный двухслойный фотоэлемент из нанотрубок и фуллерена, обладает толщиной в несколько атомов. Поэтому, солнечный свет в основном проходит сквозь пленки, а если учитывать поглощение, то КПД будет около 75%.

Территория Казахстана характеризуется относительно богатыми ветроэнергетическими ресурсами. Ее потенциал в сотни раз превышает современное электропотребление.

Наиболее значительными являются ветроэнергетические ресурсы Джунгарских ворот (17000 кВт.ч/м^2). Из других перспективных районов можно отметить Ерментау – 3700 кВт.ч/м^2 (Акмолинская обл.), форт-Шевченко 4300 кВт.ч/м^2 (Побережье Каспийского моря), Курдай – 4000 кВт. ч/м^2 (Жамбылская обл.) и некоторые другие.

Использование энергии Солнца для этих целей с КПД 50-60 % может достигать следующих размеров:

- тепло для отопительных целей – 2,5 млнГкал/год;
- тепло для горячего водоснабжения – 0,6 млнГкал/год;
- суммарная экономия топлива – около 700 тыс.т.у.т/год.

На территории Казахстана сосредоточены крупнейшие запасы урана (до 29% мировых запасов и осуществлялась добыча до 70 % уранового сырья атомно-промышленного комплекса бывшего Союза, что составляет 1,4 млн т.

Увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере уже в ближайшее десятилетие станет серьезным ограничивающим фактором в использовании органических топлив из-за повышения температуры земной поверхности, так называемого «парникового эффекта»**.**

Костанайская область входит в число лидеров среди регионов, куда активно привлекаются инвестиции. Здесь успешно работает индустриальная зона, где созданы условия для ведения бизнеса, позволяющие инвесторам развивать свои проекты в комфортных условиях.

Примерами применения альтернативной энергетики являются альтернативные источники энергии для промышленного производства Костанайской области Казахстана строительство которых предусмотрена уже начиная с 2025г.:

 Солнечная электростанция:
- Месторасположение – район Беимбета Майлина Костанайской области;
- Инвестиции – 13.4 млрд тенге;
- Мощность – 22 МВт.

 Газопоршневая электростанция:
- Месторасположение – район Беимбета Майлина Костанайской области;
- Инвестиции – 20,1 млрд тенге;
- Мощность – 40 МВт.

 Ветряная электростанция:
- Месторасположение – Костанайский район Костанайской области;
- Инвестиции – 40 млрд тенге;
- Мощность – 100 МВт.

 Ветряная электростанция:
- Месторасположение – г. Рудный Костанайской области;
- Инвестиции – 481,3 млрд тенге;
- Мощность – 1 ГВт.
- Ветровиков – 165.

 Ветряная электростанция:
- Месторасположение – г. Аркалык Костанайской области;
- Инвестиции – 25 млрд тенге;
- Мощность – 50 МВт.

Выработка электроэнергии будет увеличена в 10 раз (с 0,12 ГВт до 1,27 ГВт).

В последние десятилетия в республике придается большое значение развитию альтернативной энергетики и экологически чистой и устойчивой экономики.

Имея самую значительную добычу урана в мире (21,3 тыс. т в 2022 г.), Казахстан рассчитывает расширить свои позиции в ядерном производственном цикле. не исключает, что казахстанская сторона может вновь стать поставщиком ядерного топлива для российских АЭС, в том числе построенной в Казахстане. Казахстан решает значимую задачу перехода к зеленой экономике и соответственно наращивания энергообъектов, работающих на возобновляемых источниках энергии.

Вместе с этим власти Казахстана нацелены на развитие атомной энергетики в стране. Более того, согласно стратегии, к 2030 г. ядерная энергетика должна обеспечивать 8 % выработки всей электроэнергии Казахстана. По планам Министерства энергетики, до 2035 г. в стране предполагается построить атомные мощности на 2,4 ГВт (два энергоблока по 1,2 ГВт). Для выполнения таких сроков строительство должно начать не позднее 2025 г.

Список литературы

1. Андреев В.М.//ж. Альтернативная энергетика и экология. 2007, № 2(46), с. 93-98.
2. Кочаков В.Д., Александров А.Ф. // Сборник материалов I Всероссийской научной конференции «Наноструктурные материалы и преобразовательные устройства для солнечных элементов 3-го поколения». Чебоксары, 19-20 июля 2013, с.20-24.
3. Дукенбаев К.Д. Энергетика Казахстана. Движение к рынку. Изд-во: «Ғылым», Алматы. 1998. – 584 с.
4. Джаманбалин К. К Джаманбалин Б. К., Кокшаров В. А., Комиссарова О.В. Современное состояние экономического развития РК и его перспективы // Вестник Волгоградского института бизнеса. 2019, № 4(49), С.59-66
5. Джаманбалин Б. К., Кокшаров В. А. Экспертные оценки главных проблем развития электроэнергетики Казахстана //Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2019. № 1. с. 40–46.

Сушков В.С.
студент,
СГТУ имени Ю.А. Гагарина,
Россия, Саратов
vladislav.sushkov@mail.ru
Сперанский С.К.
к.т.н., доцент кафедры «Сварка и металлургия»,
СГТУ имени Ю.А. Гагарина,
Россия, Саратов
speransky56@mail.ru
Никитин А.В.
к.э.н., доцент кафедры экономики,
ФГУП НИИ ЭМП,
Россия, Москва
icc500.new@gmail.com

МОДЕЛЬ ОТОБРАЖЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В статье показаны возможности системы MATLAB для статистической обработки экспериментальных данных на примере исследования упрочненного слоя дюралюминия

Ключевые слова: математическая статистика, коэффициенты регрессии, ковариация, корреляция, твердость, толщина упрочненного слоя, интерфейсные компоненты.

Sushkov V.S.
Student
SSTU named after Gagarin Yu.A.
Russia, Saratov
vladislav.sushkov@mail.ru
Speransky S.K.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Welding and Metallurgy
SSTU named after Gagarin Yu.A.
Russia, Saratov
speransky56@mail.ru
Nikitin A.V.
Candidate of Economics, Associate Professor, Economics
FSUE RESEARCH INSTITUTE OF EMF
Russia, Moscow
icc500.new@gmail.com

A MODEL FOR DISPLAYING STATISTICAL PARAMETERS OF MATERIAL PROPERTIES

Abstact. The article shows the capabilities of the MATLAB system for statistical processing of experimental data using the example of a study of a reinforced duralumin layer.

Keywords: mathematical statistics, regression coefficients, covariance, correlation, hardness, thickness of the reinforced layer, interface components.

Научные исследования могут иметь разнообразные цели. Одна из них заключается в выявлении корреляционных связей между различными количественными или качественными характеристиками и в формулировании этих связей в виде эмпирических формул [1,2]. Математические символьные модели представляют собой описание объектов с использова-

нием математических символов, формул и выражений. С наличием достаточно точной математической модели возможно осуществление математических расчетов для прогнозирования результатов работы объекта в различных условиях, а также выбор наиболее оптимального варианта из множества возможных.

Выбор общего вида аппроксимирующей зависимости в каждом конкретном случае является индивидуальным. Для определения формы связи (линейной или нелинейной) используют графический метод. На основе экспериментальных данных в декартовой системе координат строится эмпирическая кривая. На основании внешнего вида кривой выбирается наиболее соответствующая теоретическая кривая с известным уравнением. Это уравнение используется в качестве эмпирической формулы, устанавливающей корреляционную зависимость между рассматриваемыми величинами. После выбора наиболее подходящей формулы определяются ее параметры. [3].

Выявление факторов, оказывающих влияние на функционирование системы, а также определение степени и характера их взаимосвязи, а также воздействия друг на друга и на поведение системы в целом, представляет собой процесс моделирования. Следовательно, модель можно рассматривать как упрощенное представление поведения реальной системы. Математическая модель – это набор математических инструментов, таких как уравнения и формулы, которые используются для описания и анализа реальных объектов и их свойств.

Данная работа посвящена исследованию возможностей современных программных инструментов для статистического анализа результатов наблюдений, включая определение ключевых параметров и их графическое представление, с акцентом на практическое применение в инженерной сфере. [4,5,6]. Рассматривается возможность применения лазерной обработки с использованием комбинированного источника тепла и азота для улучшения процессов упрочнения, термообработки, поверхностного легирования, наплавки и сварки, с определением конкретных областей применения и необходимых технологических условий [1].

Для построения и анализа любых видов математических и экономико-математических моделей нужно владеть определенными математическими методами. Термин «экономико – математические методы» понимается как обобщающее название комплекса экономических и математических научных дисциплин, объединенных для изучения социально – экономических систем и процессов. В этом смысле математические методы необходимы для обоснования математического обеспечения модели.

Рассмотрим совокупность статистических данных, описывающих зависимость твердости материала от толщины упрочненного слоя после лазерной обработки (рис. 1).



Рис. 1. Опытные металлические образцы с отпечатком алмазной пирамидки после индентирования

Экспериментальные данные о твердости упрочненного слоя в зависимости от его толщины можно визуализировать в виде графика. Каждая точка на графике отражает измеренную твердость на определенной глубине образца. Поиск математической функции, наилучшим образом описывающей эту зависимость, называется аппроксимацией. Полученная функция называется уравнением регрессии, а ее графическое представление – линией регрессии.

В практике математического моделирования полиномиальная аппроксимация, использующая полиномы различных степеней, является наиболее распространенным методом.

Если корреляционная связь линейна, то

$$y_i = b_0 + b_1 x_i,$$

где b_0, b_1 – коэффициенты регрессии.

Регрессионная прямая должна как можно точнее соответствовать данным. Для этого нужно подобрать такие коэффициенты, чтобы ошибки были минимальными. Поскольку величина ошибок зависит от коэффициентов, ее можно записать в виде функции от этих коэффициентов, то можно записать

$$F(b_0, b_1) = \sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^{n} (y_i - b_1 x_i - b_0)^2.$$

Коэффициенты регрессии обычно определяются с помощью метода наименьших квадратов (МНК). Этот метод предполагает выбор таких коэффициентов, которые обеспечивают минимальную сумму квадратов отклонений между фактическими и предсказанными значениями зависимой переменной.

Чтобы найти минимум функции, мы приравниваем к нулю её первые производные. Это делается потому, что для существования минимума функции двух переменных необходимо, чтобы её частные производные по каждому параметру были равны нулю, для частных производных по неизвестным параметрам:

$$\frac{\partial F(b_0, b_1)}{\partial b_1} = -2\sum_{i=1}^{n} (y_i - b_1 x_i - b_0) x_i = 0;$$

$$\frac{\partial F(b_0, b_1)}{\partial b_0} = -2\sum_{i=1}^{n} (y_i - b_1 x_i - b_0) = 0.$$

После преобразования получим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} n b_0 + b_1 \sum_{i=1}^{n} x_i = \sum_{i=1}^{n} y_i; \\ b_0 \sum_{i=1}^{n} x_i + b_1 \sum_{i=1}^{n} x_i^2 = \sum_{i=1}^{n} x_i y_i. \end{cases}$$

Хотя правило Крамера теоретически применимо, на практике для решения больших систем уравнений в регрессионном анализе часто используются более эффективные численные методы, такие как LU-разложение или метод Гаусса. Если контекст подразумевает, что это не единственный или лучший метод, однако, для больших систем уравнений существуют и другие, более вычислительно эффективные методы.

Коэффициент корреляции (r) является общепринятой мерой, количественно определяющей степень точности статистической зависимости между случайными величинами. Его значение рассчитывается с использованием установленной формулы.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(x_i - \bar{X}\right) \cdot \left(y_i - \bar{Y}\right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(x_i - \bar{X}\right)^2 \cdot \left(y_i - \bar{Y}\right)^2}} = \frac{K_{XY}}{\sqrt{D(X) \cdot D(Y)}},$$

где в числителе стоит корреляционный момент или коэффициент ковариации, а в знаменателе среднеквадратические отклонения отдельных измерений x_i, y_i от среднеарифметических значений по результатам всех измерений.

При аппроксимации результатов измерений полиномами более высоких степеней применим подобный способ.

При анализе экспериментальных данных в статистике, величина коэффициента корреляции (r) используется для классификации силы линейной связи между переменными x и y. Значения $r < 0.3$ интерпретируются как слабая корреляция, $0.3 < r < 0.7$ – как умеренная, а $r > 0.7$ – как сильная. Коэффициент корреляции является мерой относительного разброса значений зависимой переменной y относительно линии регрессии, полученной методом наимень-

ших квадратов. При значениях r < 0.5 применение линейной модели регрессии считается неэффективным. В таких случаях рекомендуется рассмотреть возможность аппроксимации данных квадратичной функцией, параметры которой также могут быть оценены методом наименьших квадратов:

$$\bar{y}_i = b_0 + b_1 x_i^2 \tag{1}$$

Анализ экспериментальных данных требует одновременного рассмотрения множества параметров для принятия верных решений. Для решения этой задачи мы разработали прикладную программу в MATLAB, которая позволяет комплексно визуализировать все необходимые данные, повышая эффективность анализа [8,9].

MATLAB включает в себя множество GUI-компонентов, предназначенных для разработки пользовательских интерфейсов. Каждый компонент характеризуется набором свойств, которые контролируют его визуальное представление и функциональность во время исполнения программы.

Находятся коэффициенты линии регрессии – b_0, b_1 и выводятся на экран, строится график линии регрессии, одновременно с этим находится коэффициент корреляции (рис. 2).

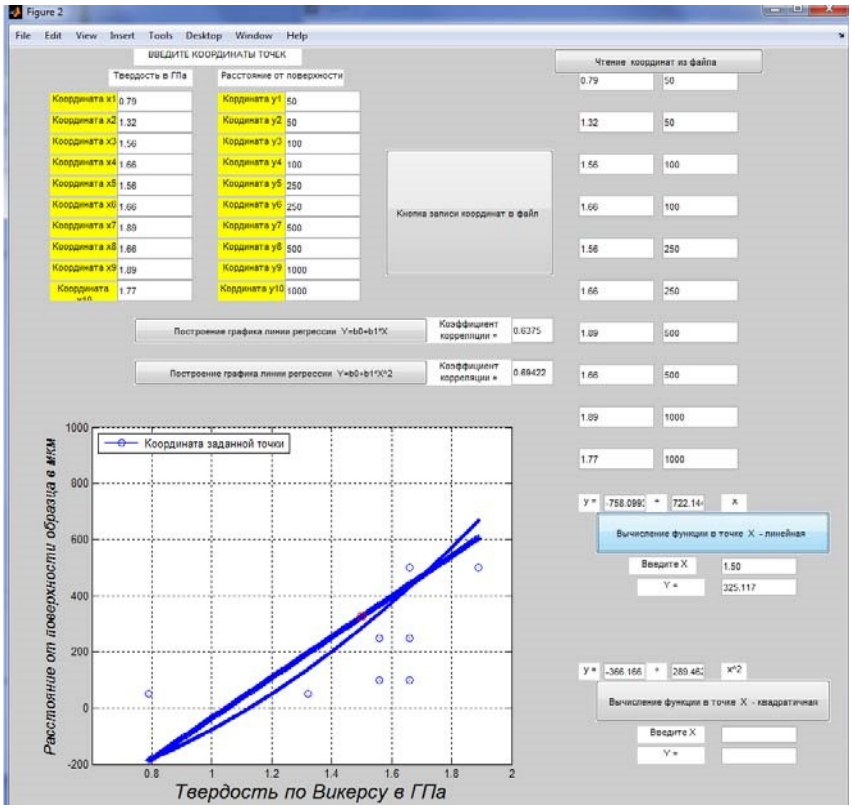


Рис. 2. Разработанный интерфейс для комплексного отображения статистических параметров механических свойств упрочненного дюралюминия

В отличие от стандартных графических интерфейсов, где цвет кнопок обычно фиксирован, MATLAB предоставляет гибкость в настройке внешнего вида кнопок. В частности, можно задать любой цвет фона и текста. Например, можно использовать цветовую индикацию для отображения силы корреляции: высокий коэффициент корреляции (близкий к 1) будет сигнализироваться зеленым фоном кнопки, средний (от 0.3 до 0.7) – синим, а низкий (менее 0.3) – красным.

Интерфейс содержит элементы управления, предназначенные для определения теоретической твердости в заданных точках образца. Поле ввода позволяет указать значение твердости, а нажатие кнопки запускает расчет, результатом которого является отображение толщины в соответствующем поле вывода.

Интерфейс предоставляет гибкость в моделировании зависимостей, позволяя строить не только линейные, но и квадратичные модели, благодаря предусмотренным полям.

Данный интерфейс предоставляет исследователю полный контроль над процессом аппроксимации. Вводя координаты точек вручную в специально отведенные поля на графическом поле, можно получить неограниченное количество аппроксимирующих линий, что, безусловно, повышает качество и результативность работы.

Разработанный пользовательский интерфейс обеспечивает одновременную визуализацию и анализ статистических параметров результатов экспериментов, направленных на определение механических свойств материалов, что способствует повышению производительности исследовательской работы. Интерфейс также позволяет осуществлять прогнозирование упрочненных характеристик материалов, полученных в результате лазерной обработки с различными технологическими параметрами.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания образовательным организациям высшего образования, подведомственным Минобрнауки РФ (проект № 11.1943.2017/ПЧ) от 11.01.2017 г. (тема: СГТУ-235).

Список литературы

1. Лахтин Ю.М. Поглощение энергии при лазерной термообработке алюминиевых сплавов / Ю.М. Лахтин [и др.] // Электронная обработка материалов. 2005. № 3. с. 57–60.

2. Семенов Б.А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях: учеб. пособие/Б.А. Семенов, Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т,2009.288с.

3. Губотенко В.П. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие/ В.П. Губатенко, В.В. Гуров. – Саратов: ООО Издательство «Научная книга», 2007.-236с.:ил.

4. Купер Дж., Макгиллем К. Вероятностные методы анализа сигналов и систем: Пер.с англ.- М.: Мир, 1989.-376с., ил.

5. Иванов В.Н. Математические модели и методы в расчетах на ЭВМ: Лекции для студентов института механизации сельского хозяйства/ Сарат.с.-х.ин-т им. Н.И.Вавилова. Саратов, 1991. 128с

6. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок. Пер. с англ.-М.: Мир, 1985.-272 с., ил. Математическое моделирование экономических процессов на железнодорожном транспорте: учеб. / под ред. А. Б. Каплана. – М.: Транспорт, 1984 – 256 с.

7. Экономико-математические методы и модели: учеб. пособие / Н. И. Холод [и др.]; под ред. А. В. Кузнецова. – Мн.: БГЭУ, 1999 – 413 с. – ISBN 985-426-159-X.

8. Экономико-математические методы и модели: учеб. пособие / С. Ф. Миксюк [и др.]; под общ. ред. С. Ф. Миксюк, В. Н. Комкова. – Мн.: БГЭУ, 2006 – 219 с.

9. Бодров, В.И. Методы исследования операций при принятии решений: учеб. пособие / В. И. Бодров, Т. Я. Лазарева, Ю. Ф. Мартемьянов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004 – 160 с.

10. Патент 2019618166 РФ. Программа комплексного отображения статистических параметров механических свойств деформированных конструкционных материалов в системе MATLAB.

Шварц И.В.
ассистент кафедры лазерных и аддитивных технологий,
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева,
Россия, Казань
IVShvarts@kai.ru
Гильмутдинов А.Х.
д.ф-м.н., профессор, заведующий кафедрой лазерных и аддитивных технологий,
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева,
Россия, Казань
IVShvarts@kai.ru

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА СВОЙСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРАДИЕНТНОГО ОБРАЗЦА В ПРОЦЕССЕ ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ

Аннотация. В работе рассматривается процесс получения функционально-градиентного образца методом прямого лазерного выращивания с дополнительным приложением ультразвуковых колебаний частотой 22 кГц и мощностью 100 Вт. В качестве основных материалов используются металлические мелкодисперсные порошки из сплавов EuTroLoy 16316D.04 и Inconel 625. Показано, что высокочастотные вибрации могут улучшать качество микроструктуры и механические свойства выращенных изделий. Результаты исследования выявили переход микроструктуры от столбчатой формы дендритов к ячеистой равноосной на каждом структурном слое. Анализ микротвёрдости, полученных образцов установил повышение значение микротвёрдости на каждом слое в пределах 3-7%. В результате энергодисперсионного анализа установлено влияние ультразвукового воздействия на распределение химических элементов Fe и Ni в пределах 5-8%, которое приводит к выравниванию химического состава при переходе одного слоя к следующему.

Ключевые слова: аддитивные технологии, прямое лазерное выращивание, микроструктура, столбчатые дендриты, свойства, ультразвуковые колебаний, микротвёрдость, химический состав.

Shvarts I.V.
Assistant of the Department of Laser and Additive Technologies
KNITU-KAI named after A.N. Tupolev
Russia, Kazan
IVShvarts@kai.ru
Gilmutdinov A.Kh.
Doctor of Physico-Mathematical Sciences, *Professor, Head of the Department of Laser and Additive Technologies*
KNITU-KAI named after A.N. Tupolev
Russia, Kazan
IVShvarts@kai.ru

THE ULTRASONIC IMPACT ON PROPERTIES OF FUNCTIONALLY – GRADED MATERIAL DURING DIRECT METAL DEPOSITION PROCESS

Abstact. The paper considers the process of obtaining a functionally gradient sample by direct metal deposition process with the additional application of ultrasonic vibrations with a frequency of 22 kHz and power of 100 W. Fine metal powders of EuTroLoy 16316D.04 and Inconel 625 alloys are used as the main materials. It is shown that high-frequency vibrations can improve the quality of the microstructure and mechanical properties of the metallic parts. The results of the study revealed a transition of the microstructure from the columnar form of dendrites to a cellular equiaxed one on each structural layer. Microhardness analysis of the obtained samples established an increase in the microhardness value on each layer within 3-7%. As a result of energy-dispersive analysis, the effect

of ultrasonic exposure on the distribution of chemical elements Fe and Ni within 5-8% was established, which leads to the alignment of the chemical composition during the transition from one layer to the next.

Keywords: additive manufacturing, direct metal deposition, microstructure, columnar dendrites, properties, ultrasonic vibrations, microhardness, chemical composition.

В настоящее время в области машиностроения идёт активное развитие направления лазерных и аддитивных технологий. Это связано с неоспоримыми преимуществами данных технологий по сравнению с традиционными способами изготовления, заключающие не только в быстроте и точности производства, высоком качестве изделий и его компонентов, а также в возможности создания принципиально новых материалов таких как композиционные или функционально-градиентные [1]. Одним из основных технологических процессов лазерно-аддитивного производства в данном случае принято рассматривать процесс прямого лазерного выращивания, заключающегося в локальном плавлении мелкодисперсного металлического порошка. При этом композиция металлического порошка может меняться от слоя к слою, что позволяет инженеру формировать на основе используемого исходного сырья различные композиционные составы, например, 95% нержавеющего сплава с 5% включениями частиц тантала [2]. Это предопределило направление развития новых материалов за счет множеств вариаций различных компонентов для получения материалов с уникальными физико-механическими свойствами.

Однако, и традиционные лазерные и перспективные аддитивные технологии не лишены недостатков. Это касается таких дефектов как поры, трещины, иррегулярная структура металла, анизотропия свойств, сниженные механические и трибологические характеристики. Для этого ученые проводят исследования по разработки различных способов предубеждения указанных дефектов, например, внешнее электромагнитное воздействие, термообработка изделий, оптимизация параметров режима на основе методов машинного обучения и т.д. Одним из динамично развивающихся направлений в настоящее время является применение высокочастотных ультразвуковых вибраций в процессах сварки и наплавки. На рис. 1 представлены различные схемы и технологические процессы аддитивного производства, сопровождающиеся дополнительной ультразвуковой поддержкой.

Достоинство ультразвукового воздействия заключается в эффективном управление структурообразование в процессе обработки и получении материалов для повышения уровня физико-механическим свойств с минимальным количество дефектов [3].

В данной работе рассматривается процесс получения нового функционально-градиентного образца, полученного на основе композиций из сплавов EuTroLoy 16316D.04 и Inconel 625, методом прямого лазерной выращивания с ультразвуковым воздействием. В качестве ультразвукового излучателя используется излучатель Ланжевена частотой 22 кГц и мощность 100 Вт, который прижимается к нижней поверхности подложки. Для проведения экспериментов использовались фракции порошка размером 60-90 мкм. В качестве защитного и транспортного газа использовался аргон. Прямое лазерное выращивания проводилось на оборудование Insstek Mini согласно параметрам режима, указанным в таблице 1.

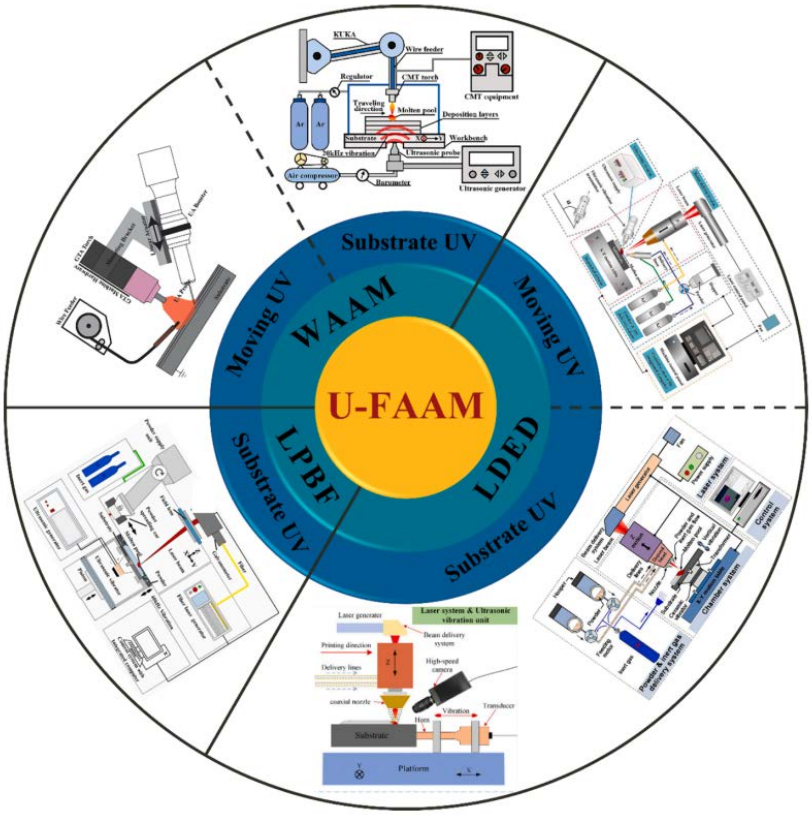


Рис. 1. Развитие комбинированных способов аддитивного производства

Таблица 1

Параметры режима

№	Материал	Мощность, Вт	Массовый расход порошка, г/с
1	EuTroLoy 16316D.04.	300	0.05
2	75% EuTroLoy 16316D.04 + 25% Inconel 625	270	0.05
3	50% EuTroLoy 16316D.04 + 50% Inconel 625	240	0.05
4	25% EuTroLoy 16316D.04 + 75% Inconel 625	220	0.05
5	Inconel 625	210	0.05

Металлические образцы для исследования были вырезаны с помощью электроэрозионного станка АРТА 540 ПРО, и после были запрессованы и доведены до зеркального блеска с помощью шлифовальных и полировальных кругов. Для травления поверхности образцов при исследовании их микроструктуры использовалась раствор азотной кислоты в дистиллированной воде в соотношении 1:3 соответственно. Измерение микротвердости были проведены на оборудование Tukon-2500.

Анализ микроструктуры, полученных образов с ультразвуковыми колебаниями (СУЗ) и без (БУЗ), приведённый на рис. 2 позволил выявить переход структуры от столбчатой к ячеистой. Такой переход может быть связан с явлением кавитации, при котором происходит микровзрывы в жидкой ванне расплава из-за областей высокого и пониженного давления, которые нарушают традиционный рост столбчатых дендритов, при этом увеличивается число центров кристаллизации [4].

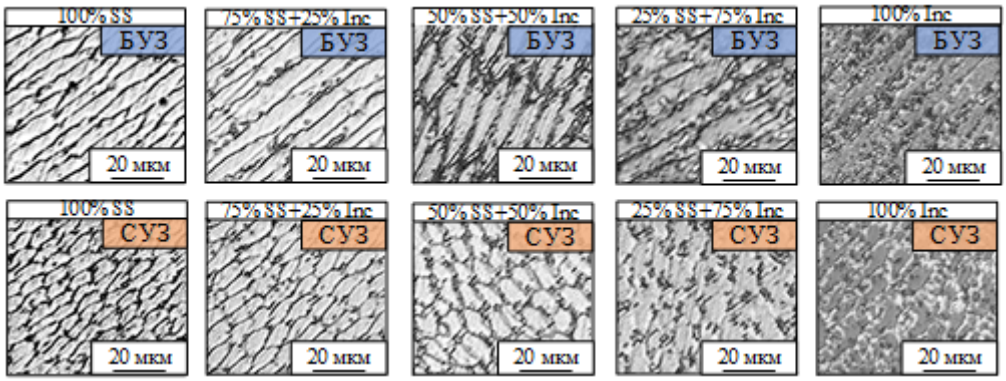


Рис. 2. Исследование микроструктуры

На рис 3 приведены результаты исследования микротвердости и энергодисперсионного анализа образцов, полученных методом прямого лазерного выращивания с ультразвуковым воздействием и без.

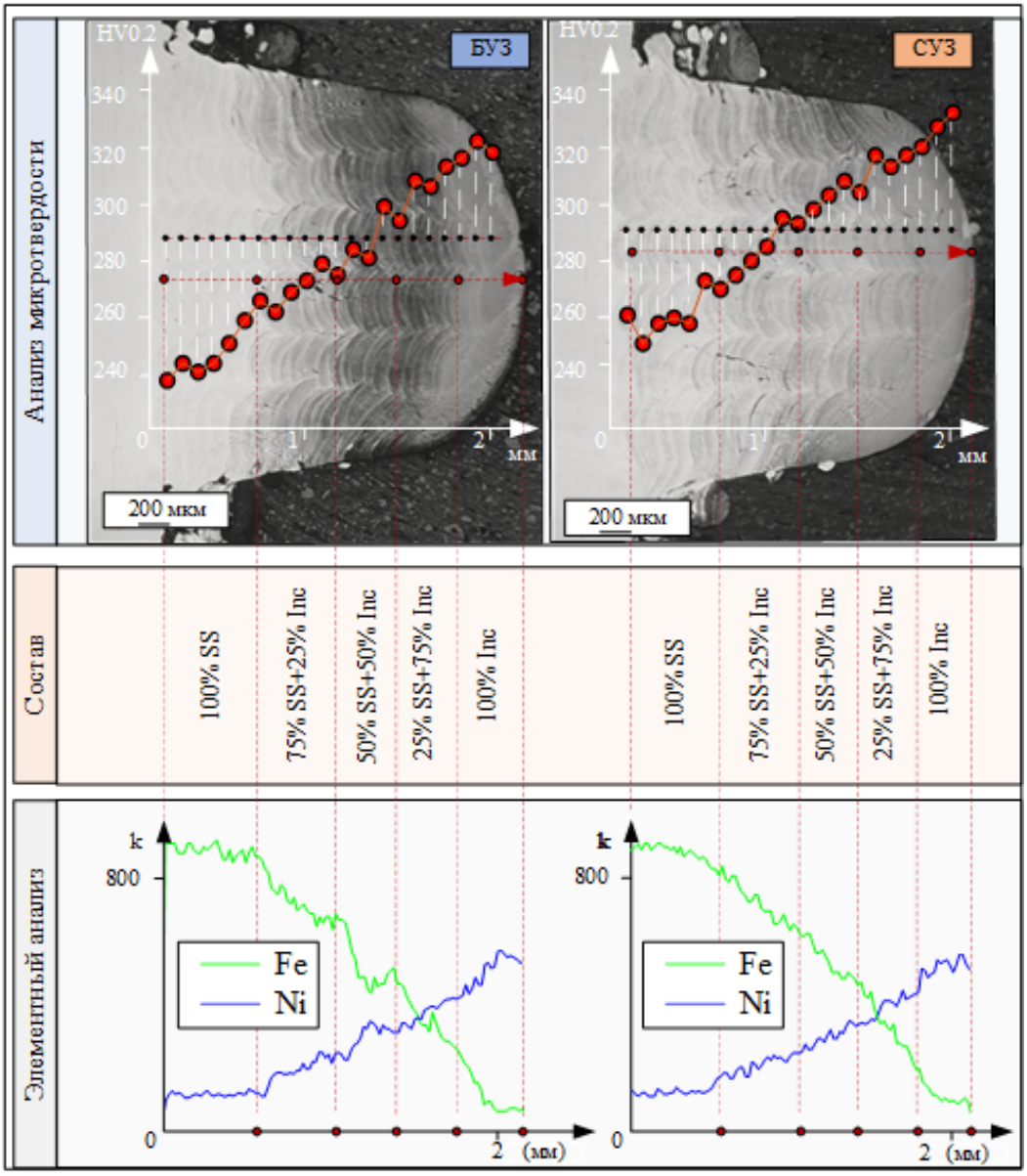


Рис. 3. Результаты исследования микротвердости и элементного состава

В результате энергодисперсионного анализа было выявлено изменение в относительной интенсивности элементов Ni и Fe, при котором происходит их сглаживание при переходе от одного структурного слоя к другому в пределах 5-8%. Это свидетельствует о выравнивании химического состава в образцах, полученных с ультразвуковым воздействием. Это может происходить нет только за счет кавитации, но и за счет акустических течений, которые вносят дополнительный вклад в перемешивание жидкой ванны расплава и снижении общего температурного градиента [5].

Анализ микротвердости показал рост значений при переходе от 100% содержания нержавеющего сплава EuTroLoy 16316D.04 к 100% никелевому сплаву Inconel 625. В таблице 2 приведен расчет средних значений микротвердости для каждой структурна зоны, а также относительная разница между экспериментами с ультразвуковыми вибрациями и без.

Таблица 2

Анализ микротвердости

Состав	УЗ	Микротвёрдость	Относительная разность, %
100% SS	нет	242 HV0.2	7.0
	да	259 HV0.2	
75% SS+25% Inc	нет	256 HV0.2	4.2
	да	267 HV0.2	
50% SS+50% Inc	нет	271 HV0.2	5.5
	да	286 HV0.2	
25% SS+75% Inc	нет	359 HV0.2	5.6
	да	379 HV0.2	
100% Inc	нет	314 HV0.2	2.9
	да	323 HV0.2	

Результаты работы демонстрирует возможности применения ультразвукового воздействия в процессе прямого лазерного выращивания функционального-градиентного образца на основе нержавеющего и никелевого сплава. Данные подход показывает возможность управления структурной металла в процессе кристаллизации с целью изменения его механических свойств таких как микротвердость

Список литературы

1. Xuekai Li, Wei Wang, Yihong Wu, Donghu Zhou, Huijun Kang, Enyu Guo, Jiehua Li, Zongning Chen, Yanjin Xu, Tongmin Wang, Ultrasonic field-assisted metal additive manufacturing (U-FAAM): Mechanisms, research and future directions, Ultrasonics Sonochemistry, Volume 111, 2024, 107070, ISSN 1350-4177, https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2024.107070.

2. Романова А.М., Горунов А.И. Влияние тантала на структуру и свойства нержавеющей стали AISI 316L. Перспективные материалы, 2025, № 3, с. 24 – 33. DOI: 10.30791/1028-978X-2025-3-24-33

3. Aziz Ul Hassan Mohsan, Mina Zhang, Dafeng Wang, Su Zhao, Yishen Wang, Changyong Chen, Jiahao Zhang, State-of-the-art review on the Ultrasonic Vibration Assisted Laser Cladding (UVALC), Journal of Manufacturing Processes, Volume 107, 2023, Pages 422-446, ISSN 1526-6125, https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2023.10.066.

4. Ding Yuan, Xiaojing Sun, Laibo Sun, Zhichao Zhang, Chunhuan Guo, Jiandong Wang, Fengchun Jiang, Improvement of the grain structure and mechanical properties of austenitic stainless steel fabricated by laser and wire additive manufacturing assisted with ultrasonic vibration, Materials Science and Engineering: A, Volume 813, 2021, 141177, ISSN 0921-5093, https://doi.org/10.1016/j.msea.2021.141177.

5. Feilong Ji, Xunpeng Qin, Mao Ni, Zeqi Hu, Mengwu Wu, Effect of ultrasonic intensity on microstructure and mechanical properties of steel alloy in direct energy deposition-Arc, Ultrasonics, Volume 134, 2023, 107090, ISSN 0041-624X, https://doi.org/10.1016/j.ultras.2023.107090.

Антипин Я.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
yaroslav.lav.lav@yandex.ru
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА В-1341

Аннотация. Исследовано влияние высокотемпературных нагревов на стабильность микроструктуры сварных соединений листов сплава В-1341Т1, выполненных сваркой трением с перемешиванием. Применение искусственного старения сварных соединений сплава В1341Т1, выполненных как СТП в состоянии после полной термической обработки не вызывает роста зерен и изменение микро и макроструктуры соединения. Перезакалка сварных соединений вела к аномальному росту зерен в зоне перемешивания. Предварительная прокатка оказалась очень эффективным средством для подавления этого нежелательного явления. При относительно небольшой величине предварительной деформации (10% обжатия), процесс формирования микроструктуры в ходе последующего отжига оказался очень чувствительным к режиму прокатки. В частности, прокатка вдоль направления сварки оказалась наиболее эффективной для подавления аномального роста зерен. Рост степени предварительной деформации до 20% обжатия нивелировал влияние режима прокатки. Предположено, что этот результат связан с насыщением плотности дислокаций при увеличении деформации.

Ключевые слова: сварка трением с перемешиванием, алюминиевый сплав В-1341Т1, закалка, искусственное старение, зона перемешивания, аномальный рост зерна, прокатка, степень деформации.

Antipin Ya.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
yaroslav.lav.lav@yandex.ru
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

THERMAL STABILITY OF WELDED JOINTS OF ALUMINUM ALLOY B-1341

Abstact. The effect of high-temperature heating on the stability of the microstructure of welded joints of V-1341T1 alloy sheets performed by friction stir welding is investigated. The use of artificial aging of welded joints of alloy B1341T1, made as STP in a state after complete heat treatment, does not cause grain growth and changes in the micro and macrostructure of the joint. Overquenching of welded joints led to abnormal growth of grains in the mixing zone. Pre-rolling turned out to be a very effective means for suppressing this undesirable phenomenon. The process of microstructure formation during subsequent annealing turned out to be very sensitive to the rolling mode. In particular, rolling along the direction of welding has proven to be the most effective in suppressing abnormal grain growth. An increase in the degree of predeformation to 20% of reduc-

tion leveled the effect of the rolling mode. It is assumed that this result is associated with the saturation of the density of dislocations with an increase in deformation.

Keywords: friction stir welding, aluminum alloy V-1341T1, quenching, artificial aging, mixing zone, abnormal grain growth, rolling, degree of deformation.

Металлографические исследования показали, что в сварном соединении листов сплава В1341Т1 наблюдаются четыре структурные зоны: основной металл, зона термического влияния (ЗТВ), зона термомеханического воздействия (ЗТМВ) и зона шва (зона перемешивания). Структура основного металла листов сплава В-1341Т1 имеет полностью рекристаллизованную структуру с несколько вытянутыми зернами в направлении прокатки. Средний размер зерен не превышает 50–60 мкм [1–4].

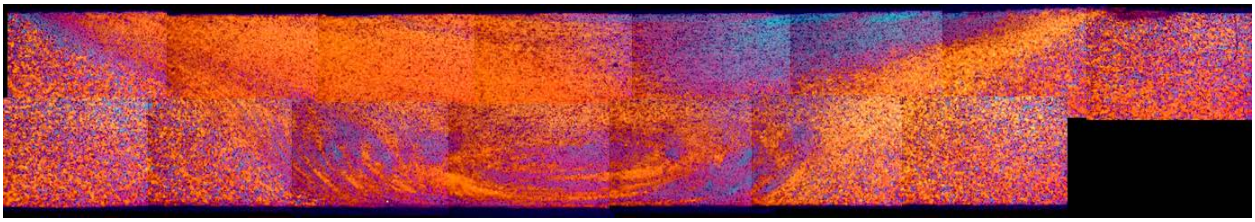
Зона термического влияния формируется под влиянием термического цикла сварки на структуру основного металла сплава В1341Т1 в искусственно состаренном состоянии. Так как по мере удаления от шва максимальная температура нагрева металла в процессе сварки уменьшается, то зона термического влияния будет представлять собой участок соединения с различной степенью интенсивности протекания процессов закалки, старения, отжига что ведет к снижению прочности металла.

Зона термомеханического воздействия (ЗТМВ) характеризуется сильно деформированными зернами, ориентированными в направлении пластического течения в сочетании с частично рекристаллизованными зернами, что обусловлено высокой температурой воздействия.

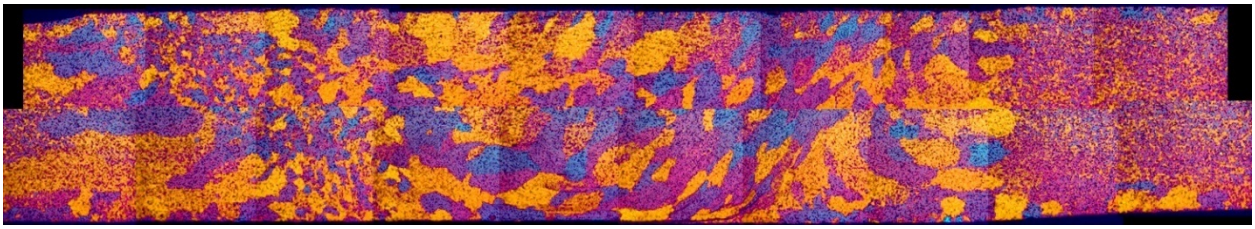
Зона перемешивания обладает мелкодисперсной и равноосной структурой с размером зерен 5–8 мкм, сформировавшейся в результате сочетания пластической деформации материала и структурно–фазовых превращений в результате нагрева.

Искусственное старение после сварки трением с перемешиванием образцов сплава В-1341 в состоянии Т1, видимого изменения макро- и микроструктуры не вызывает, как в зоне основного металла, так и в зоне шва.

Металлографические исследования соединений в перезакаленном состоянии показали значительный рост зерна (рисунок 1). Рост размера зерна наблюдается как в сварном соединении, в то время как в основном металле наблюдаются отдельные крупные зерна в приповерхностном слое листов. Ориентировочный усредненный размер зерна в зоне сварного шва достигал 0,7–0,8 мм. В основном металле в долевом направлении размер зерен в поверхностном слое на варьировался в диапазоне 0,6–2,2 мм. А в середине листа оставался на уровне 50–60 мкм.



а



б

Рис. 1. Макроструктура в поперечном направлении сварного соединения сплава В1341Т1 без термической обработки (а) и в перезакаленном и искусственно состаренном состоянии (б) после сварки (х8)

На рисунке 2 приведена гистограмма изменения микротвердости различных структурных зон соединения сплава В-1341Т1, полученного СТП, в результате термической обработки сварного соединения. Значения микротвердости определены в середине каждой структурной зоны.

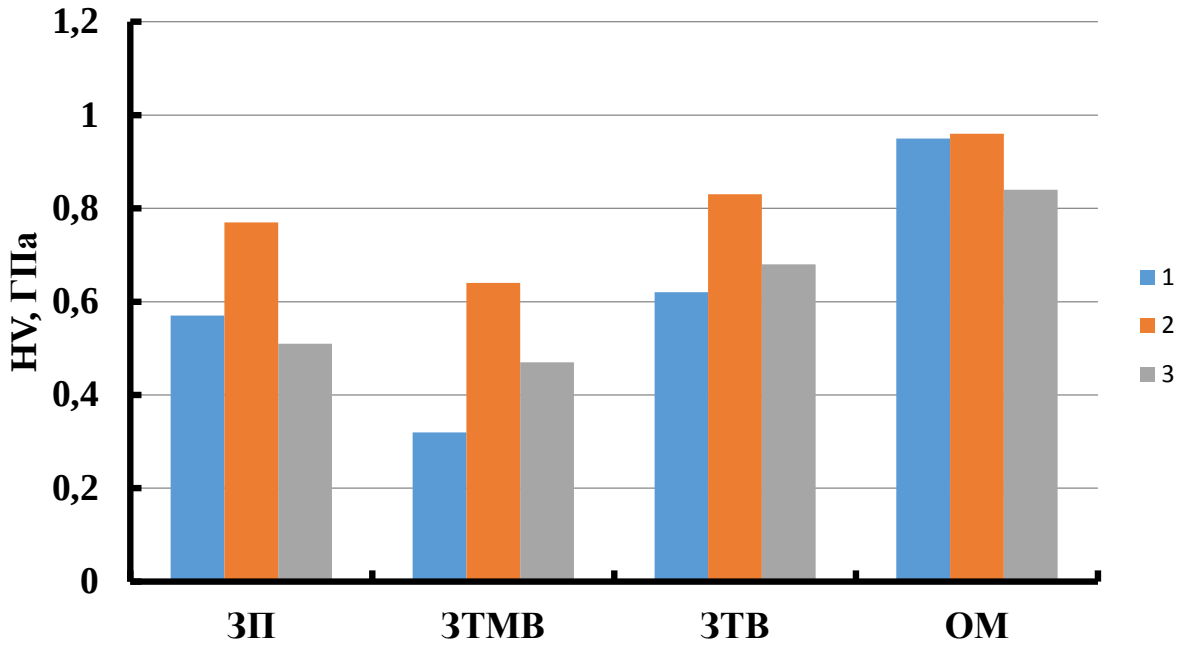


Рис. 2. Гистограмма зависимости микротвердости основного металла и структурных зон соединений сплава В-1341Т1, выполненных СТП, в зависимости от термической обработки после сварки: 1 – без термической обработки; 2 – искусственное старение; 3 – перезакалка + искусственное старение

Анализ представленных данных показывает, что проведение искусственного старения после СТП способствует повышению значений микротвердости во всех структурных зонах соединения за исключением основного металла.

Применение повторной закалки сварного соединения и искусственного старения сопровождается снижением величины микротвердости для всех структурных зон соединения СТП, что, по-видимому, является следствием резкого роста размера зерна. К росту размеров зерна приводит наличие критической деформации материала в процессе СТП и развитие рекристаллизации под влиянием нагрева при термической обработке соединения.

Полная термическая обработка, включающая закалку и искусственное старение, может приводить к заметному короблению сварных соединений, выполненных СТП, при существенном снижении прочностных и пластических свойств вследствие роста размеров зерна в процессе рекристаллизации.

Как следует из EBSD-карты на рис. 3, микроструктура, образовавшаяся в зоне перемешивания шва после перезакалки, характеризовалась преобладанием достаточно крупных зерен неправильной формы. Важно отметить, что в материале также сохранилась небольшая фракция исходной мелкозернистой структуры (пример указан стрелкой). Ярко выраженная бимодальность сформировавшейся микроструктуры, а также её исключительно грубозернистый характер позволили сделать вывод об аномальном механизме роста зерен.

Для более детального изучение этого процесса был проведен эксперимент, в ходе которого исследовалась эволюция микроструктуры выбранного участка шва в процессе выдержки при температуре 540 °С.

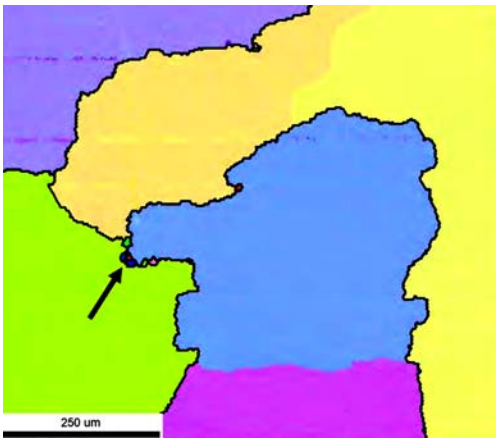


Рис. 3. Влияние послеварочной перезакалки и последующего старения на микроструктуру зоны перемешивания. На рисунке стрелкой показаны сохранившиеся остатки мелкозернистой структуры

Как следует из полученных результатов, аномально крупные зерна сформировались уже после 1-минутной выдержки при температуре 540 °С. Любопытно отметить, что процесс аномального роста зерен развивался наиболее интенсивно в приповерхностных областях шва.

Процесс протекал очень быстро, и уже после 5-минутного отжига доля аномальных зерен достигла 92% от исследованной площади образца. После этого, однако, процесс роста зерен резко замедлился, и, таким образом, небольшие «островки» мелкозернистой микроструктуры сохранились на фоне аномально крупных зерен.

Несмотря на аномальный рост зерен, имевший место в ходе перезакалки, последующее старение привело к полному восстановление прочности материала шва. Этот результат был, очевидно, связан с однородным выделением частиц упрочняющей фазы β». Как следствие, коэффициент прочности термически-обработанного сварного соединения фактически достиг 100%.

Пластичность сварного шва также значительно улучшилась по сравнению со состаренным состоянием, но все же была ниже, чем в исходном материале. Неполное восстановление пластичности было связано с локализацией пластического течение в зоне перемешивания. В свою очередь, последний эффект был очевидно обусловлен аномально грубозернистой микроструктурой, сформировавшейся в этой области.

Для подавления аномального роста зерен сварные соединения перед проведением послесварочной термической обработки были подвергнуты различным режимам холодной прокатки. Результаты исследования сформировавшейся микроструктуры приведены в таблице.

Таблица

Структурные характеристики зоны перемешивания после предварительной прокатки СТП-соединений и их последующей перезакалки и старения

Угол между направлением прокатки и направлением сварки, град	Средний размер зерен, мкм	Доля БУГ, %
Прокатка с 10% обжатия		
0	44	78
45	106	53
90	79	92
Прокатка с 20% обжатия		
0	18	88
45	21	88
90	21	86

Важно отметить, что эффективность предварительной деформации для измельчения микроструктуры зависела от направления прокатки. Наиболее сильно эта чувствительность проявлялась после относительно небольших степеней обжатия. В частности, после 10% деформации наименьший размер зерен был получен после прокатки вдоль направления сварки, в то время как изменение маршрута деформации способствовало существенному огрублению зёренной структуры. С другой стороны, рост величины обжатия до 20% способствовал существенному ослаблению чувствительности материала к направлению прокатки.

Результаты получены в процессе выполнения проекта по государственному заданию FZRR-2023-0005 «Разработка основополагающих технологических принципов применения концентрированных потоков энергии для получения новых импортозамещающих композиционных материалов специального назначения на основе систем несмешивающихся компонентов».
Исследования выполнены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Наукоемкие технологии в машиностроении» Московского политехнического университета.

Список литературы

1. Vysotskiy I. Effect of pre-strain path on suppression of abnormal grain growth in friction-stir welded 6061 aluminum alloy / I. Vysotskiy, S. Malopheyev, S. Mironov, R. Kaibyshev // Materials Science and Engineering: A. – 2019. – Vol. 760. – P. 206-213.

2. Liu F.C. Influence of Tool Dimension and Welding Parameters on Microstructure and Mechanical Properties of Friction-Stir-Welded 6061-T651 Aluminum Alloy / F.C. Liu, Z.Y. Ma // Metallurgical and Materials Transactions A. – 2008. – Vol. 39. – P. 2378-2388.

3. Cui L. Characteristics of defects and tensile behaviors on friction stir welded AA6061-T4 T-joints / L. Cui, X. Yang, G. Zhou, X. Xu, Z. Shen // Materials Science and Engineering: A. – 2012. – Vol. 543. – P. 58-68.

4. Sato Y.S. Distribution of tensile property and microstructure in friction stir weld of 6063 aluminum / Y.S. Sato, H. Kokawa // Metallurgical and Materials Transactions A. – 2001. – Vol. 32. – P. 3023–3031.

Дикиджи О.О.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
odikidzi@gmail.com
Овчинников В.В.
д.т.н, профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ НЕСМЕШИВАЮЩИХСЯ КОМПОНЕНТОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ FE–CU

Аннотация. Разработана новая технология получения объемных заготовок из композиционных материалов на основе несмешивающихся компонентов системы Fe–Cu. Технология основана на применении для получения объемных заготовок коаксиального лазерного плавления порошков железа и меди. Был опробован вариант смешения порошков стали AISI316 и бронзы БрХ0,8. Стальныечастицы распределены в бронзовой матрице без расслоения в процентном соотношении, соответствующем составу введённого порошка. Подробные металлографические исследования показали, что в зоне контактирования стали AISI316 и брон-

зы БрХ0,8 отмечаются области взаимного проникновения компонентов материала друг в друга. Для композиционного материала системы 40% AISI316 и 60% БрХ0,8 была определена температурная зависимость коэффициента трения. Исходя из полученной зависимости можно отметить, что значение коэффициента трения для данного материала достаточно стабильно в температурном интервале 20–150 °С. Начиная с температуры нагрева 200 °С можно отметить начало нарастания значения коэффициента трения для исследуемого материала.

Ключевые слова: композиционные материалы, несмешивающиеся компоненты, порошки металлов, коаксиальное лазерное плавление, микроструктура, коэффициент трения.

Dikidzhi O.O.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
odikidzi@gmail.com
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

NEW TECHNOLOGY FOR OBTAINING COMPOSITE MATERIALS FROM IMMISCIBLE COMPONENTS BASED ON THE FE–CU SYSTEM

Abstact. A new technology has been developed for the production of bulk blanks from composite materials based on immiscible components of the Fe–Cu system. A variant of mixing powders of steel AISI316 and bronze BrX0.8 was tested. Steel particles are distributed in a bronze matrix without delamination in a percentage ratio corresponding to the composition of the injected powder. Detailed metallographic studies have shown that in the contact zone of steel AISI316 and bronze BrX0.8, areas of mutual penetration of the material components into each other are noted. For the composite material of the system of 40% AISI316 and 60% BrX0.8, the temperature dependence of the friction coefficient was determined. Based on the obtained dependence, it can be noted that the value of the friction coefficient for this material is quite stable in the temperature range of 20–150 °C. Starting from the heating temperature of 200 °C, the beginning of the increase in the value of the friction coefficient for the material under study can be noted.

Keywords: composite materials, immiscible components, metal powders, coaxial laser melting, microstructure, coefficient of friction.

Система Fe–Cu относится к такому типу систем компонентов, которые в жидком состоянии могут смешиваться при определенных условиях, таких как повышение температуры выше температуры плавления меди 1356 K и увеличение энтропийного фактора. Проявление расслаивания сплава на две фазы в свою очередь может возникнуть самопроизвольно при недостаточно высоких температурах, так как в системе силы взаимодействия одноименных атомов Fe–Fe и Cu–Cu превышает силу взаимодействия разноименных Fe–Cu.

Также ликвации способствует добавление углерода даже в малых количествах (около 0,1%) в сплав. Это обусловлено тем, что углерод является легкоподвижным элементом, более того активен при высоких температурах. Так как углерод перераспределяется в структуре стали после затвердевания, для предотвращения ликвации в системах несмешивающихся компонентов необходимо сначала достигнуть равномерного взаимного распределения металлических составляющих.

В свете решения данной задачи весьма перспективным представляется использование для получения композиционных материалов системы Fe–Cu технологии коаксиального лазерного плавления. Коаксиальное лазерное плавление представляет собой один из методов изготовления деталей сложной конструкции из порошков, подаваемых в наплавочную голов-

ку и последующей подачей потока порошка распылением по одной оси с лазерным лучом. Наплавка на используемом волоконном лазере ЛС-3 производится из 16 каналов по кругу коаксиально лазера послойно, толщина слоя 0,3 мм, ширина 1,2 мм. Особенности применения данной технологии позволяют создавать при сравнительно небольших затратах времени детали из тех материалов, которые несколько лет назад было принято считать нецелесообразными в производстве в силу трудоемкости и недостаточной эффективности традиционных металлургических методов.

В исследовании технологии коаксиального лазерного плавления на волоконном лазере ЛС-3 были использованы порошки AISI316-аустенит содержащий 66% Fe, 0,08% C, 16% Cr, 12% Ni, 3% Mo, обладающий низкой тепло- и электропроводностью и БрХ08 – хромированная бронза с содержанием Cr 0,4-0,7%, обладающая высокими показателями тепло- и электропроводности в соотношении 40% и 60% соответственно. Схема процесса коаксиального лазерного плавления представлена на рисунке 1 [1].

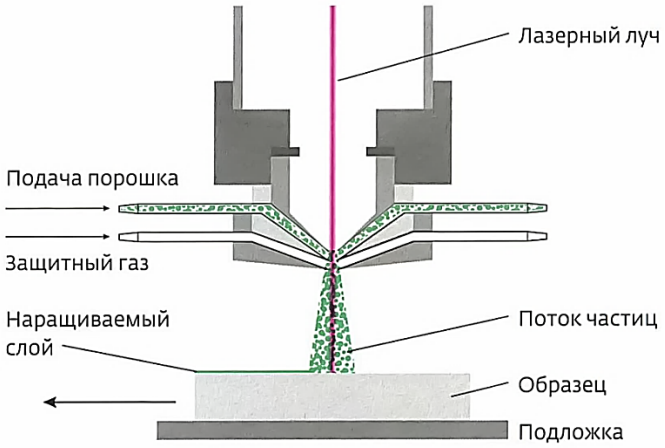


Рис. 1. Схема процесса коаксиального лазерного плавления (КЛП) [1]

Выбор вышеупомянутой системы компонентов обусловлен высоким потенциалом к смешиванию железа и меди в состоянии твердожидкого взаимодействия, но при этом низкой растворимостью одного компонента в другом при комнатной температуре и большой разницей в температурах плавления компонентов.

При исследовании технологии коаксиального лазерного плавления предстояло решить проблему возможного возникновения трещин и неоднородности в образующемся микрослое, для чего были приняты нижеследующие меры:

– Наплавление слоев как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении с перекрытием 50%;

– Выбор оптимального режима работы лазера для поддержания необходимой температуры и напряжения: мощность лазерного излучения 600 Вт, скорость перемещения 400 мм/мин, диаметр луча 1,0 мм (для одиночного валика);

– Для предотвращения возникновения оксидных пленок при контакте с атмосферой, вызывающих неоднородность, осуществлялась подача аргона.

При каждом нанесении последующего слоя металлы активно перемешивались в зоне ванны расплава, вследствие чего между слоями нанесения образовывались промежуточные слои. В атмосфере, созданной аргоном, удалось избежать окисления слоев и получить однородный образец размером 10x20x20 мм.

В отличие от других методов получения композиции Fe–Cu аддитивный метод проще в реализации за счёт отсутствия необходимости изготовления специальных форм и применения горячего прессования в сравнении с порошковым методом и необходимости жидкой пропитки при получении псевдосплавов. Пористость при КЛП минимальная, в сравнении с другими методами. Метод коаксиального лазерного плавления отличается значительно меньшей трудоёмкостью, чем все другие методы.

Был опробован вариант смешения порошков стали AISI316 и бронзы БрХ0,8. Микроструктура материала 40% AISI316 и 60% БрХ0,8 показана на рисунке 2.

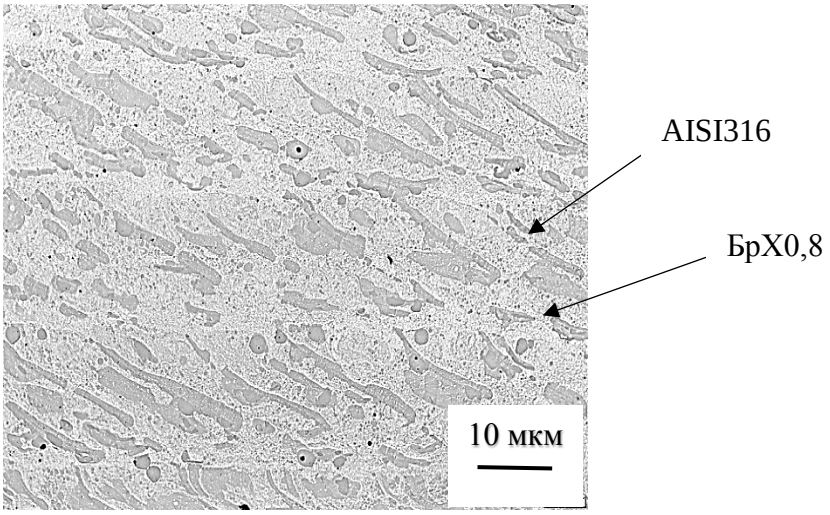


Рис. 2. Микроструктура материала 40% AISI316 и 60% БрХ0,8, полученного КЛП

На фото (рис. 2) видно, что стальные частицы распределены в бронзовой матрице без расслоения в процентном соотношении, соответствующем составу введённого порошка. Проведённый анализ состава частиц на электронном растровом микроскопе показал, что в стальные частицы содержат: 64,9%Fe; 15,65%Cr; 11,92%Ni; 3,99%C; 2,79%Mo; 0,75%Si, что соответствует исходному состоянию стальных частиц. Бронзовая составляющая имеет 98,4% Cu и остальное примеси. Таким образом очевидно, что в процессе КЛП состав порошков практически не меняется и легирующие элементы не приводят к расслоению, что типично для литейного процесса. Установленный феномен требует дополнительного тщательного изучения. В дальнейшем планируется детальное исследование свойств полученных материалов и разработка технологий создания конкретных деталей.

Подробные металлографические исследования показали, что в зоне контактирования стали AISI316 и бронзы БрХ0,8 отмечаются области взаимного проникновения компонентов материала друг в друга (рис. 3).

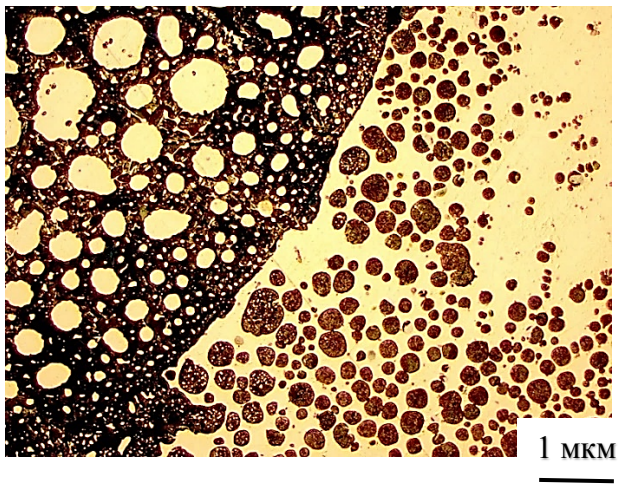


Рис. 3. Граница между сталью AISI316 (светлая область) и бронзы БрХ0,8

На рисунке 3 отчетливо видно, что в сталь AISI316 (светлая область) проникли отдельные кластеры бронзы БрХ0,8 (более темные вкрапления). Установлено, что по мере удаления от границы областей стали AISI316 и бронзы БрХ0,8 размеры кластеров бронзы уменьшаются. В тоже самое время кластеры стали в бронзе более крупные на некотором удалении от

границы двух областей, а в непосредственной близости от границы отмечаются мелкие кластеры, которые расположены в виде цепочки вдоль границы.

Также в микроструктуре синтезированных образцов отмечено наличие микропористости на уровне 3,71–8,17%. Микропористость в основном располагается вблизи граница треков (рис. 4).

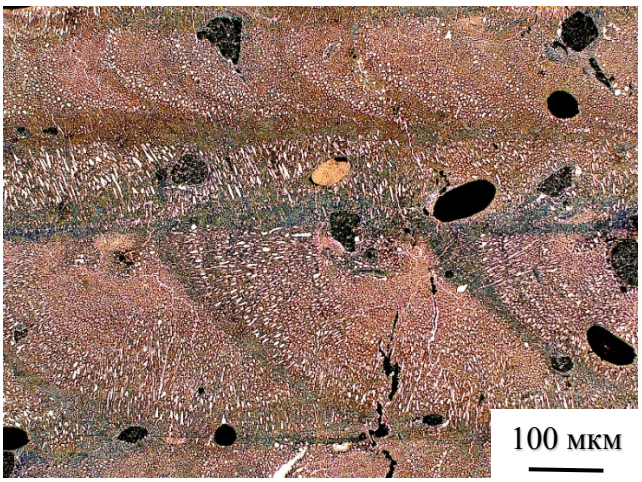


Рис. 4. Микропористость на границе смежных треков при выращивании образца

Твердость образцов по Виккерсу определяли с помощью микротвердомера марки KB50S, который позволяет быстро и точно измерять твердость в автоматическом режиме на любых поверхностях. Проведенные измерения показали следующие результаты: твердость стали AISI316 составляет 552 МПа, твердость бронзы БрХ0,8 – 395 МПа, а твердость синтезированного композиционного материала – 472 МПа.

Для определения коэффициента трения и весового износа использовались образцы в виде дисков толщиной 5 мм и диаметром 45 мм, вырезанные из выращенной заготовки с помощью электроэрозионной обработки непрофилированным инструментом (проволокой).

Штифтодисковые испытания трибологических свойств проводились с помощью штифтодискового трибометра THT800 Anton Paar (рис. 5) при температурах 24°C (комнатная температура), 20–250 °C.

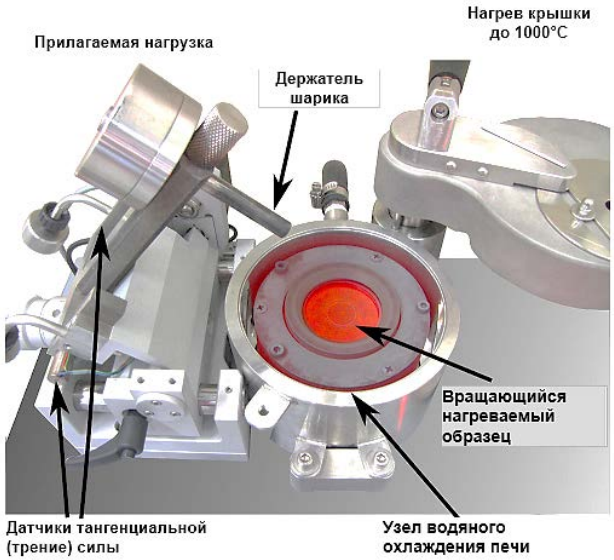


Рис. 5. Штифтодисковый трибометр THT1000 с нагреваемыми образцами, представляющий основные компоненты для измерения приложенной силы и тангенциальной силы. Верхний нагреватель используется для быстрого получения максимальной температуры 1000 °C

Предварительные испытания показали, что использование нормальной нагрузки 7 Н (10 Н для испытаний при 24 °С), глиноземного шарика диаметром 6 мм в качестве контртела и частоте вращения образца 310 об/мин измеряемый износ на большинстве наплавленных слоев.

Продолжительность трибологических испытаний составила 22000 кругов для исследуемых материалов. Общая продолжительность испытания, в зависимости от радиуса дорожки износа, составила от ~ 120 минут до ~ 240 минут.

В условиях сухого трения для исследуемого материала 40% AISI316 и 60% БрХ0,8 определено значение коэффициента трения. Величина коэффициента трения для данных условий испытаний составила 0,27–0,28.

Для композиционного материала системы 40% AISI316 и 60% БрХ0,8 была определена температурная зависимость коэффициента трения (рис. 6). Исходя из полученной зависимости можно отметить, что значение коэффициента трения для данного материала достаточно стабильно в температурном интервале 20–150 °С. Начиная с температуры нагрева 200 °С можно отметить начало нарастания значения коэффициента трения для исследуемого материала.

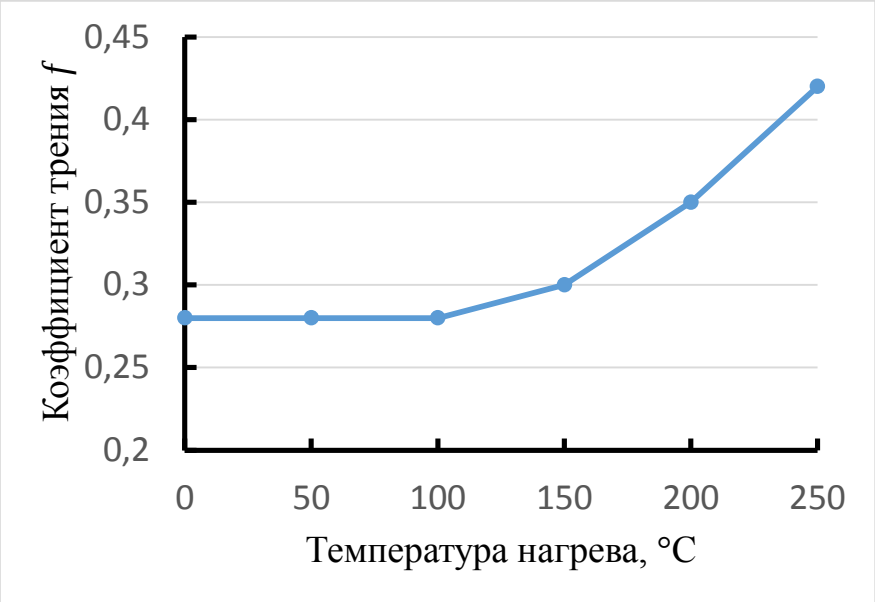


Рис. 6. Температурная зависимость коэффициента трения композиционного материала 40% AISI316 и 60% БрХ0,8

С помощью аналитических весов DL-200 производилось измерение массы образцов до и после испытаний на износостойкость. Перед началом взвешивания весы устанавливались по пузырьковому уровню. Все взвешивания проводились в противосквозняковом боксе с целью исключения влияния давления ветра на результат измерения.

Установлено, что весовой износ полученного композиционного материала составил 0,138 г/м^3.

Поверхность трения образца состава 40% AISI316 и 60% БрХ0,8 была исследована с помощью растрового электронного микроскопа с рентгеновским энергодисперсионным спектрометром в режиме высокого вакуума. На поверхности трения исследуемых образцов обнаружено частичное истирание поверхности. Возможно, произошел перенос материала образца на поверхность контртела из стали ШХ15. Интенсивного износа и разрушения поверхностного слоя не наблюдается.

Спектрограмма поверхности трения и анализ состава участка поверхности трения показывают уменьшение содержания меди до 46,28 % и соответственно увеличение содержания железа – до 70,55 %, что можно объяснить возможным явлением избирательного переноса частей медной пленки на поверхность контртела. Также на поверхности трения обнаружены следы хрома – 2,77 %, равномерно распределенные по всей поверхности. Т.е. произошло обогащение поверхности трения одной детали пары трения химическими элементами контртела.

Результаты получены в процессе выполнения проекта по государственному заданию FZRR-2023-0005 «Разработка основополагающих технологических принципов применения концентрированных потоков энергии для получения новых импортозамещающих композиционных материалов специального назначения на основе систем несмешивающихся компонентов».
Исследования выполнены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Наукоемкие технологии в машиностроении» Московского политехнического университета.

Список литературы

1. Авраамов Ю.С., Шляпин А.Д., Сплавы на основе систем с ограниченной растворимостью в жидком состоянии (теория, технология, структура и свойства), Монография. – М.: Интерконтакт наука, 2002. – 371 с.

2. Авраамов Ю.С., Шляпин А.Д. Новые конструкционные материалы на основе несмешивающихся компонентов: получение, структура, свойства. – М.: РИЦ МГИУ 1999. – 206 с.

3. Sprague E. A., Mazumder J., Misra A. Direct-metal-deposited Cu–Fe alloys. // Materials Science and Engineering. 2020. – №10. – P.445–453.

4. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Лазерные аддитивные технологии в машиностроении. – М.: Из-во МГТУ им. Н.Э. Баумана 2020. – 350 с.

Дмитрашко П.С.
аспирант,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
garentor@mail.ru
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ТОЧЕЧНАЯ СВАРКА ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ ТОНКИХ ЛИСТОВ ИЗ СПЛАВА В1341Т1 ПРИМЕНИТЕЛЬНО К НАВЕСНЫМ ДЕТАЛЯМ КУЗОВА АВТОМОБИЛЯ

Аннотация. В статье приведены результаты исследования процесса точечной сварки трением с перемешиванием нахлесточных соединений листов алюминиевого сплава В1341Т1 толщиной 1 мм. Показано, что механические свойства точечных соединений исследуемого сплава зависят от основных параметров режима сварки: длительности процесса сварки, частоты вращения рабочего инструмента, осевого усилия прижатия на рабочем инструменте. Для длительности сварки 3 с рациональным диапазоном изменения остальных параметров режима сварки являются: частота вращения рабочего инструмента 1000–1800 об/мин и осевое усилие прижатия инструмента 4300–4500 Н. Указанный режим сварки трением с перемешиванием обеспечивает формирование точек с разрушающем усилием отрыва 780 Н и усилия среза 2280 Н. При этом сварка осуществляется без зачистки контактирующих поверхностей листов в зоне нахлестки.

Ключевые слова: алюминиевый сплав В1341Т1, точечная сварка трением с перемешиванием, сварка трением с перемешиванием в два этапа, контактная точечная сварка, усилие среза точки, усилие отрыва точки.

Dmytrashko P.S.
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
garentor@mail.ru
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

SPOT WELDING BY FRICTION WITH STIRRING OF THIN SHEETS OF ALLOY B1341T1 IN RELATION TO HINGED PARTS OF THE CAR BODY

Abstact. The article presents the results of the study of the process of spot welding by friction with stirring of lap joints of sheets of aluminum alloy B1341T1 with a thickness of 1 mm. It is shown that the mechanical properties of the point joints of the studied alloy depend on the main parameters of the welding mode: the duration of the welding process, the rotation speed of the working tool, the axial pressure force on the working tool. For the duration of welding 3 with a rational range of change in other parameters of the mode welding are: the rotation speed of the working tool is 1000–1800 rpm and the axial pressure force of the tool is 4300–4500 N. The specified mode of friction stir welding ensures the formation of points with a breaking breaking force of 780 N and a shear force of 2280 N. At the same time, welding is carried out without cleaning the contacting surfaces of the sheets in the overlap area.

Keywords: aluminum alloy B1341T1, friction stir spot welding, friction stir welding in two stages, resistance spot welding, point shear force, point breakout force.

В последние годы в автомобилестроении наметилась тенденция к применению алюминиевых сплавов для изготовления навесных деталей корпуса автомобиля, таких как капот, двери и крышка багажника. Указанные детали состоят из обшивки и усилителя и их соединение осуществляется внахлестку. При выполнении сварного соединения не допускается выхода проплава на поверхность обшивки. В данном случае для соединения указанных деталей необходимо выполнить точечное соединение.

Для выполнения указанного соединения весьма перспективной является точечная сварка трением с перемешиванием (ТСТП), которая позволяет существенно упростить оборудование и применять для производства сварных навесных деталей кузова роботизированные комплексы. В настоящее время разработано две внедренных в производство технологии получения точечных соединений [1].

Согласно первой технологии, которая разработана и запатентована фирмой Mazda (Япония) [2-4], согласно которой вращающийся инструмент погружается в деталь, доводя металл до пластичного состояния и перемешивая его под заплечиком. После этого инструмент поднимается, оставляя характерное углубление в детали.

По второй технологии [5, 6] применяется сложная конструкция инструмента и отдельные приводы на одной рабочей оси для внутренних и наружных оправок. При этом формирование сварной точки проходит в три этапа. Важным моментом данной технологии является заполнение углубления в детали после вывода инструмента.

Целью данной работы были исследование структуры и механических свойств нахлесточных соединений тонколистового сплава В-1341Т1, выполненных ТСТП по технологии фирмы Mazda (Япония).

Эксперименты по сварке точечных нахлесточных соединений выполняли на листах сплава В1341Т1 толщиной 1,0 мм. Химический состав сплава В1341 приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав листов сплава В1341

Содержание компонентов, масс. %									
Al	Si	Mg	Cu	Mn	Ti	Cr	Zn	Fe	Ca
Осн.	1,0	0,69	0,2	0,26	0,05	0,09	0,02	0,2	0,12

Фактические механические свойства листов из сплава В1341Т1 толщиной 1 мм приведены в таблице 2.

Таблица 2

Фактические механические свойства листов из сплава В1341Т1 толщиной 1 мм

Термическая обработка	Временное сопротивление σ_B, МПа	Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение δ, МПа
Закалка 525 °С, выдержка 3 часа + искусственное старение 170 °С, 12 час.	344–384 364	326–359 348	10,5–11,5 11,0

Точечную сварку трением с перемешиванием нахлесточных соединений листов сплава В1341Т1 осуществляли на опытной установке, сформированной на базе модернизированного фрезерного станка портального типа. Конфигурация сварочного инструмента и режимы СТП представлены в табл. 3. Одна партия образцов сваривалась без зачистки поверхности в зоне нахлестки, а вторая часть – с механической зачисткой контактирующих поверхностей листов в нахлестке.

Таблица 3

Параметры точечной сварки трением с перемешиванием

Параметр	Характеристика
Сварочный инструмент	
Материал инструмента	Сталь Р6М5
Диаметр заплечика, мм	12,0
Диаметр стержня (наконечника), мм	3,0
Длина стержня (наконечника), мм	1,5
Параметры режима СТП	
Частота вращения рабочего инструмента, об/мин	1000–4000
Время сварки, сек.	2–3
Угол наклона инструмента, град.	0
Осевое усилие на инструмент, кН	4300–5600

При сварке выполнялась регистрация основных параметров процесса: осевого усилия *P*, времени сварки, частоты вращения сварочного инструмента ω.

На рисунке 1 приведена макроструктура сварной точки, полученной на режиме сварки: время сварки 3 с, частота вращения рабочего инструмента 1800 об/мин, осевое усилие на инструменте 5000 Н.

Для сварной точки характерен специфический рельеф с углублением в центральной части точки от стержня инструмента. По периферии от углубления располагается основное тело точки, состоящее из рекристаллизованного ультрамелкозернистого металла со средним размером 2,8–3,5 мкм.

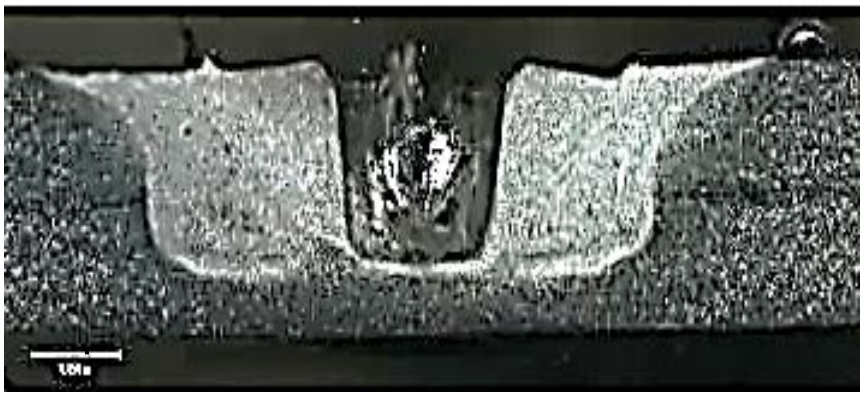


Рис. 1. Макроструктура сварной точки листов сплава В1341Т1 толщиной 1,0 мм, выполненных ТСТП

Результаты испытаний на срез сварной точки показали, что с увеличением частоты вращения рабочего инструмента при времени сварки 3 с и усилии прижима инструмента 4300 Н отмечается два диапазона значений усилия на срез (рисунок 2). В диапазоне частот вращения рабочего инструмента 1000–1800 об/мин усилие на срез сварной точки имеет максимальное значение на уровне 2,74 кН. Увеличение частоты вращения инструмента до 2300 об/мин сопровождается снижением величины усилия среза сварной точки до 2,23 кН. Причем эта тенденция сохраняется вплоть до высоких часто вращения инструмента (4000 об/мин) (см. рис. 2).

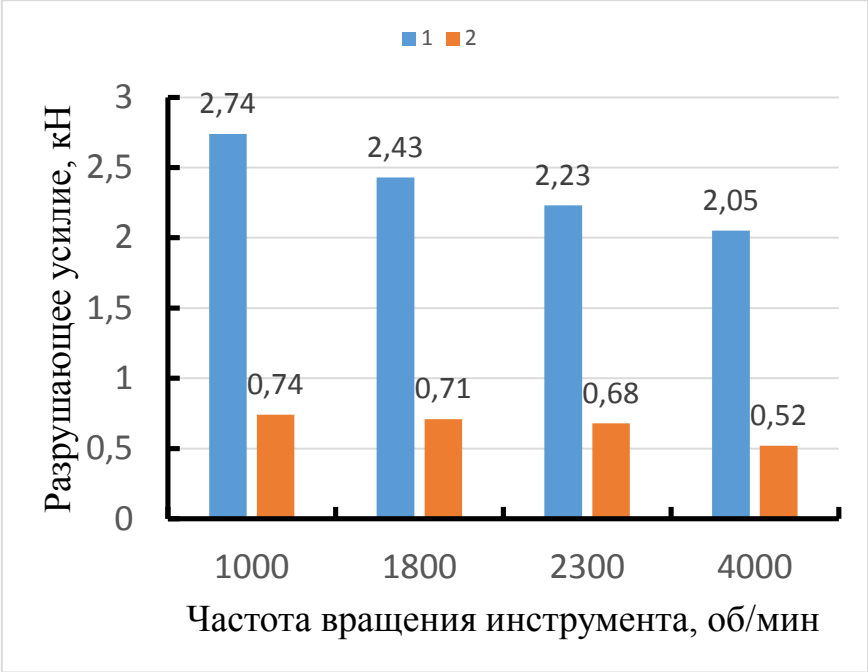


Рис. 2. Разрушающее усилие на срез точки нахлесточного соединения сплава В1341Т1 на срез (1) и отрыв (2) (время сварки 3 с, усилие прижима инструмента 4300 Н)

Усилие отрыва сварной точки сохраняется достаточно стабильным величиной 0,68–0,74 кН в диапазоне частот вращения рабочего инструмента 1000–2300 об/мин. Увеличение частоты вращения рабочего инструмента до 4000 об/мин сопровождается снижением усилия отрыва сварной точки до 0,52 кН.

Внешний вид сварных точек после испытаний на срез и отрыв представлен на рис. 3.

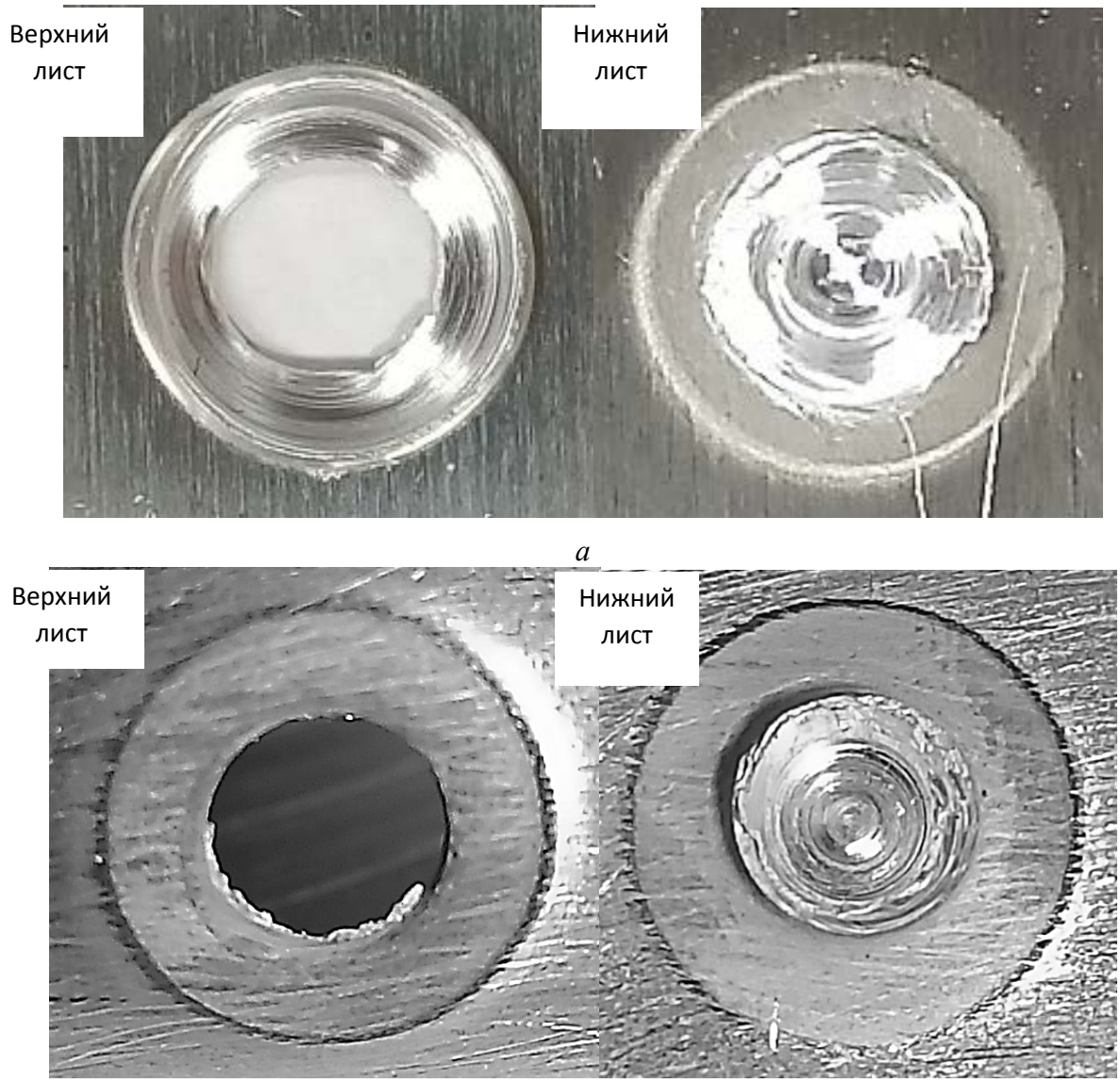


Рис. 3. Разрушение сварной точки при испытаниях на срез (а) и отрыв (б)

Можно отметить, что при испытании сварной точки на срез со стороны верхнего листа образуется отверстие, которое окружено интенсивно деформированным металлом под влиянием заплечика инструмента. На нижнем листе можно видеть в разрушенной точке три участка по направлению от центра к периферии: 1 зона – углубление от стержня инструмента; 2 зона – зона соединения между верхним и нижним листом; 3 зона – зона термического воздействия на оксидную пленку на контактной поверхности нижнего листа.

Таким образом, на основании выполненных исследований можно заключить, что рациональным режимом точечной сварки трением с перемешиванием нахлесточного соединения листов сплава В1341Т1 следует считать: частота вращения рабочего инструмента 1000–1800 об/мин, усилие прижима рабочего инструмента 4300–5000 Н, время сварки 3 с. Отмеченный режим может быть реализован на роботизированных комплексах с высокой производительностью, что весьма важно для автомобильной промышленности.

Установлены рациональные значения параметров режима точечной сварки трением с перемешиванием нахлесточных соединений листов сплава В1341Т1 толщиной 1 мм: время сварки – 3с, частота вращения рабочего инструмента 1000–1800 об/мин и осевое усилие прижима инструмента 4300–4500 Н. Указанные параметры режима позволяют осуществлять процесс сварки с применением сварочного робота.

Точечная сварка трением с перемешиванием на рациональном режиме обеспечивает формирование сварной точки, характеризующейся разрушающем усилием отрыва 780 Н и усилия среза 2280 Н. При этом сварка осуществляется без зачистки контактирующих поверхностей листов в зоне нахлестки.

Результаты получены в процессе выполнения проекта по государственному заданию FZRR-2023-0005 «Разработка основополагающих технологических принципов применения концентрированных потоков энергии для получения новых импортозамещающих композиционных материалов специального назначения на основе систем несмешивающихся компонентов».
Исследования проведены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Наукоемкие технологии в машиностроении» Московского политехнического университета.

Список литературы

1. Martin J. Pushing the boundaries – friction stir goes deeper than before // TWI Connect. – 2006. – Jan./Feb. – P. 1.

2. Овчинников В.В. Сварка трением с перемешиванием // Наукоемкие технологии в машиностроении. – 2012. – С. 136–140.

3. Badarinarayan H. Fundamentals of friction stir spot welding: PhD Thesis. S. l.: Missouri Univ., 2009.

4. Uematsu Y., Tokaji K., Tozaki Y., Nakashima Y. Fatigue behaviour of dissimilar friction stir spot weld between A6061 and SPCC welded by a scrolled groove shoulder tool // Procedia Engng. 2010. V. 2. P. 193–201.

5. Uematsu Y., Tokaji K., Murata S., et al. Fatigue behaviour of friction stir spot welded Al–Mg–Si alloy // J. Soc. Materials Sci. 2007. V. 56, N 6. P. 537–543.

6. Wang D. A., Chen C. H. Fatigue lives of friction stir spot welds in aluminum 6061-T6 sheets // J. Materials Proc. Technol. 2009. V. 209, N 1. P. 367–375.

Смирнов В.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
voloda14022006@yandex.ru
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ФРИКЦИОННАЯ ОБРАБОТКА КАК МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ AL–PB

Аннотация. Описаны эффекты миграции тяжелых легкоплавких компонентов по ПАС со скоростями намного превышающие скорости традиционной диффузии, позволяют по-новому взглянуть на возможности эффекта сварки трением с перемешиванием не только как на эффективный метод сварки, но также как на основу альтернативной технологии производства сплавов несмешивающихся компонентов в массивных образцах. Установлено, что температура в зане перемешивания была достаточно высокой для интенсивного образования твёрдых растворов и интерметаллидных фаз. Структура таких частиц формировалась под воздействием нагрева и интенсивной пластической деформации в условиях возможной реа-

лизации двух механизмов миграции компонентов – диффузионного и миграционного по ПАС, воспроизводимых при каждом обороте инструмента. Увеличение содержания свинца в композиционном материале с 5 до 44% привело к снижению коэффициента трения с 0,28 до 0,13. Основное снижение коэффициента трения композиционного материала системы Al–Pb достигается в интервале содержания свинца 0–30 масс. %.

Ключевые слова: фрикционная обработка, композиционный материал, несмешивающиеся компоненты, полосы адиабатического сдвига, система Al–Pb, коэффициент трения.

Smirnov V.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
voloda14022006@yandex.ru
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

FRICTION TREATMENT AS A METHOD FOR OBTAINING COMPOSITE MATERIALS OF THE AL–PB SYSTEM

Abstact. The effects of migration of heavy low-melting components through the PAS at speeds much higher than the rates of traditional diffusion allow us to take a fresh look at the possibilities of the effect of friction stir welding not only as an effective welding method, but also as the basis of an alternative technology for the production of alloys of immiscible components in massive samples. It was established that the temperature in the mixing zone was high enough for intensive formation of solid solutions and intermetallic phases. The structure of such particles was formed under the influence of heating and intense plastic deformation under the conditions of the possible implementation of two mechanisms of component migration – diffusion and migration along the PAS, reproduced at each rotation of the instrument. An increase in the lead content of the composite material from 5 to 44% led to a decrease in the coefficient of friction from 0.28 to 0.13. The main reduction in the coefficient of friction of the Al–Pb system composite material is achieved in the lead content range of 0–30 wt. %.

Keywords: friction machining, composite material, immiscible components, adiabatic shear bands, Al–Pb system, coefficient of friction.

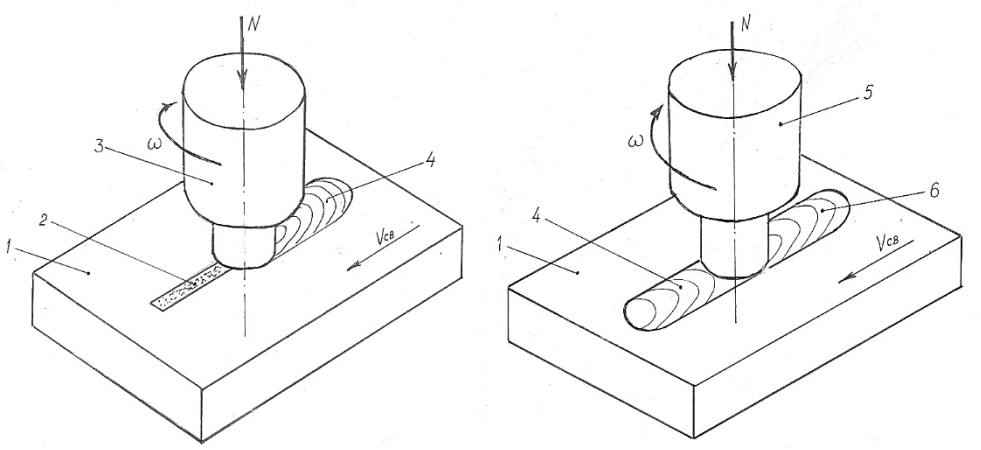
Композиционные материалы на основе несмешивающихся компонентов (НК) обладают рядом уникальных свойств. В настоящее время уже изучен сопособ изготовления материалов данного класса в малого размера, однако проблема создания массивных изделий из материалов на основе НК остается актуальной и по сей день.

К наиболее перспективным работам в этой области можно отнести те, которые основаны на применении концентрированых потоков энргии (КПЭ) различного вида. К ним в первую очередь можно отнести применение лазеров, электронно-лучевого, электроимпульсного и ударно-волнового воздействия, механическое легирование. В качестве наиболее перспективнго для получения объемных изделий мы арссматриваем метод сварки трением с перемешиванием (СТП).

Целью данного исследования являлось изучение механизма формирования композиционного материала на базе несмешивающихся компонентов систем Al–Pb, Al–Sn и роль в этом процессе полос адиабатического скольжения (ПАС).

Формирование композиционных материалов на базе несмешивающихся компонентов систем Al–Pb, Al–Sn с помощью фрикционной обработки осуществляли в соответствии со схемой, представленной на рисунке 1 [1, 2]. Процесс введения свинца в алюминий при син-

тезе композиционного материала системы Al–Pb возможно осуществлять в два этапа: на первом этапе проходом инструментом без стержня осуществляется закрытие паза, а на втором этапе – инструментом со стержнем – собственно осуществляется формирование композиционного материала.



а *б*

Рис. 1. Схема получения композиционного материала системы Al–Pb с помощью сварки трением с перемешиванием: а – закрытие паза со свинцовым порошком; б – проход инструментом со стержнем для получения композиционного материала; 1 – пластина из алюминиевого сплава 1565чН2; 2 – паз с порошком свинца; 3 – рабочий инструмент без стержня; 4 – закрывающий паз шов; 5 – инструмент со стержнем; 6 – шов, состоящий из композиционного материала системы Al–Pb; N – осевое усилие на рабочий инструмент; ω – частота вращения рабочего инструмента

Для реализации метода использовали пластины из алюминиевого сплава 1565чН2 размерами 200×100×6 мм. В общем случае ширина сварного шва зависела от размера заплечика используемого рабочего инструмента. Все сварные соединения, исследованные в данной работе, были выполнены инструментами, которые формировали для листов толщиной 6,0 мм шов шириной ~16 мм. Режимы сварки образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Режимы сварки трением с перемешиванием листов сплава 1565чН2 (Н116)

Полуфабрикат	Частота вращения инструмента, об/мин	Скорость сварки, мм/мин	Угол наклона инструмента в плоскости стыка (против часовой стрелки), град	Усилие прижатия буртика инструмента к поверхности деталей, кН
Лист, толщиной 6 мм	550–900	125–300	3	1,5–1,8

Сварку трением с перемешиванием осуществляли на лабораторной установке, изготовленной на базе вертикального фрезерного станка с ЧПУ и дополнительно оснащенного индикатором вертикального перемещения фрезерной головки. Для сварки использовался инструмент, выполненный из быстрорежущей стали, со штифтом конусообразной формы и винтовой линией.

Длину наконечника инструмента выбирали таким образом, чтобы она была на 0,1–0,15 мм меньше толщины свариваемого металла. Сварку выполняли углом вперед при наклоне инструмента относительно вертикальной оси на 2…3°. С помощью суппорта закрепленный на валу электродвигателя инструмент перемещался в вертикальной плоскости, благодаря чему обеспечивалось необходимое заглубление его рабочих частей в свариваемый материал, и

поддерживалась постоянной величина осевого усилия его прижатия к соединяемым деталям в процессе сварки. Свариваемые листы надежно фиксировались на стальной подкладке подвижного стола.

Образцы для оптической металлографии и ориентационной микроскопии вырезались таким образом, чтобы исследуемая поверхность была перпендикулярна направлению сварки. Металлографические наблюдения осуществлялись на оптическом микроскопе Olympus GX-61.

Для получения КМ алюминий-свинец и алюминий-олово применяли иную схему СТП (рис. 2). Диапазон частот вращения рабочего инструмента и скоростей сварки приняли равными 700–900 об/мин и 125–200 мм/мин соответственно.

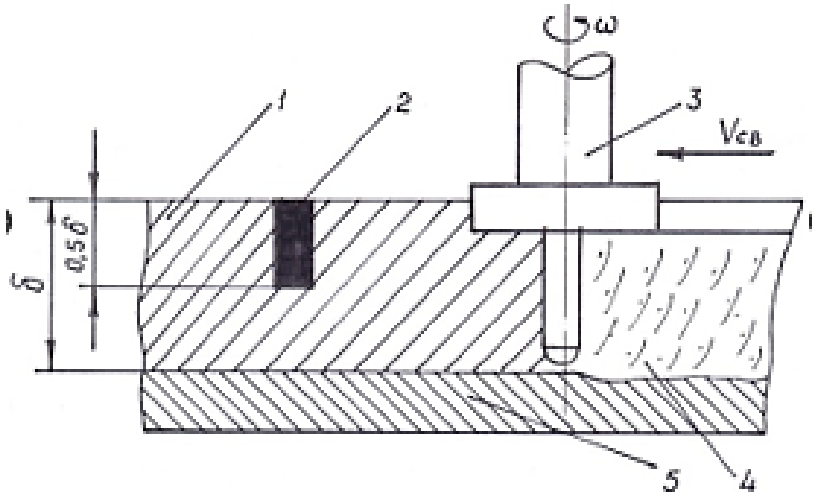


Рис. 2. Схема осуществления эксперимента по получению КМ алюминий–свинец и алюминий–олово путем СТП:
1 – пластина из сплава 1565чН2; 2 – столбик из легкоплавкого металла (олово, свинец) диаметром 4 мм; 3 – рабочий инструмент; 4 – зона перемешивания (шов композиционный материал); 5 – подкладка

Приведенная на рисунке 3 структура представлена двумя основными видами составляющих – крупной, в виде контура границ зерен и более дисперсной – внутризеренной. Первая образуется в результате течения пластифицированного алюминиевого сплава за рабочим инструментом и оттеснения более тугоплавкими зерна алюминия жидкого свинца на границы зерен, где он затем кристаллизуется в виде прослоек. Вторая предположительно является следствием миграции свинца по ПАС, образующимся непрерывно в процессе поступательного движения и вращения инструмента.

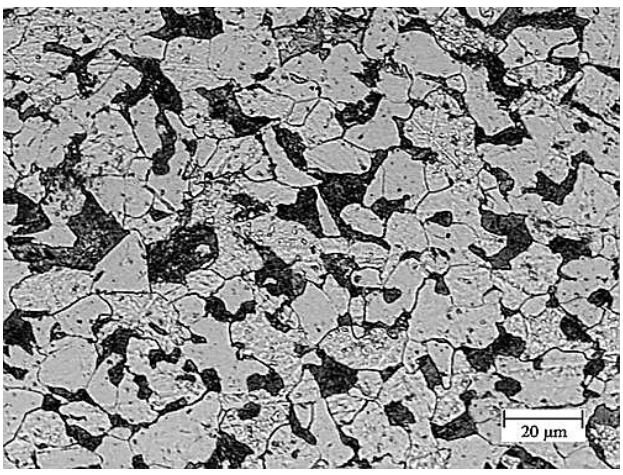


Рис. 3. Микроструктура композиционного материала (КП) Al–Pb, полученного с помощью сварки трением с перемешиванием

За счет варьирования ширины и глубины паза были получены композиционные материалы системы Al–Pb с массовым содержанием свинца в пределах 0–44 масс. %.

Испытания на трение и изнашивание упрочненных слоев на поршневом трибометре SRV с вращательной измерительной камерой по схеме трения шар–плоскость проводили в соответствии с требованиями ASTM G133-02. Установлено, что увеличение содержания свинца в композиционном материале с 5 до 44% привело к снижению коэффициента трения с 0,28 до 0,13 (рисунок 4).

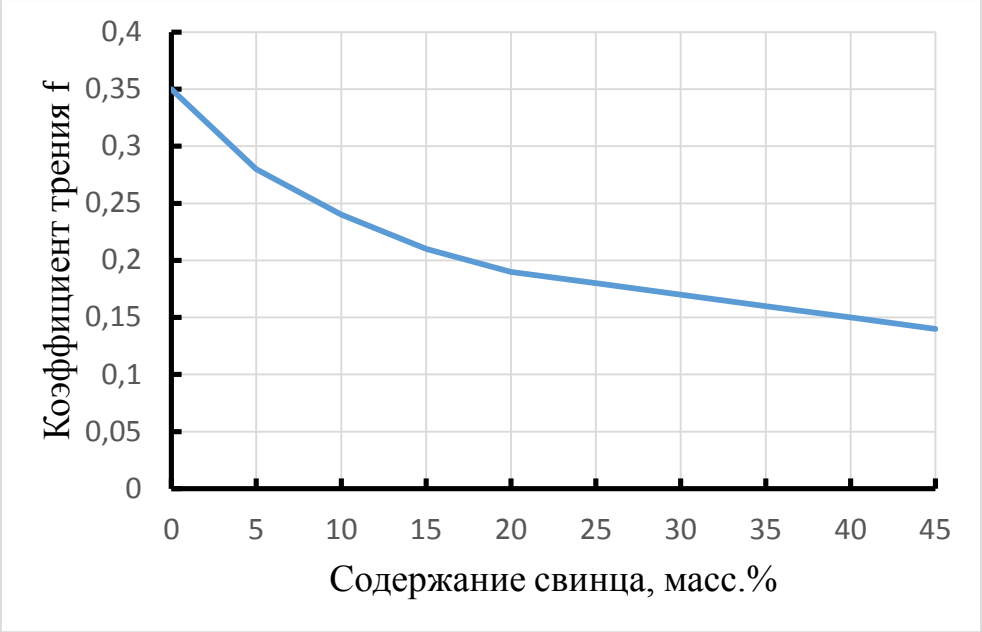


Рис. 4. Влияние содержания свинца в композиционном материале Al–Pb на коэффициент трения (без смазки)

Провели также оценку объемного износа на двухъядерном конфокальном интерферометрическом микроскопе Leica в сравнении с образцом из алюминиевого сплава 1565чН2. Установлено, что на пути сухого трения 1765 м изношенный объем сплава 1565чН2 составил 0,96 мм^3, в то время как для композиционного материала системы Al–Pb с содержанием свинца 25 масс. % только 0,43 мм^3.

Приведенные выше результаты убедительно подтверждают возможность применения метода СТП в качестве эффективного технологического приема для создания широкого спектра композиционных материалов, в том числе на основе систем несмешивающихся компонентов. При этом допускается самое разнообразное сочетания соединяемых компонентов. Так, вместо лунок, содержащих легкоплавкий компонент, можно размещать навески нанопорошков. Сочетая таким образом диамагнитную или парамагнитную матрицу с равномерно распределенным порошком ферромагнетика получать постоянные магниты специального назначения. Перечень подобных сочетаний с целью получения разнообразных функциональных композитов достаточно велик.

Дисперсность структурных составляющих композитов, получаемых с помощью СТП можно целенаправленно изменять (увеличивать) путем последующего воздействия электроимпульсной обработкой. Инициацию ПАС импульсным воздействием на зону контакта разнородных металлов мы наблюдали не раз.

На основании полученных результатов экспериментов можно констатировать:

– Разработан метод получения композиционных материалов на базе несмешивающихся компонентов на основе процесса сварки трением с перемешиванием (фрикционной обработки).

– Разработанным методом получены композиционные материалы системы Al–Pb с содержанием свинца в диапазоне 0–44 масс. %. Показано, что основное снижение коэффициента трения композиционного материала системы Al–Pb достигается в интервале содержания

свинца 0–30 мас. %. Наиболее рациональным следует считать массовое содержание свинца в материале на уровне 15–30 мас. %.

– Установлено, что на пути сухого трения 1765 м изношенный объем сплава 1565чН2 составил 0,96 мм^3, в то время как для композиционного материала системы Al–Pb с содержанием свинца 25 масс. % только 0,43 мм^3, т.е. износостойкость повысилась более, чем в 2 раза.

Развитие обсуждавшейся выше альтернативной технологии производства КМ специального назначения предусматривает два взаимосвязанных направления – расширение номенклатуры новых функциональных КМ используя уникальные возможности технологии СТП и уточнение механизма структурно-фазовых превращений, лежащих в основе этой технологии. В частности, очевидно, что в дополнительном исследовании нуждаются и механизм, и кинетика формирования ПАС и их роли в формировании микроструктуры и свойств композитов.

Результаты получены в процессе выполнения проекта по государственному заданию FZRR-2023-0005 «Разработка основополагающих технологических принципов применения концентрированных потоков энергии для получения новых импортозамещающих композиционных материалов специального назначения на основе систем несмешивающихся компонентов»

Исследования выполнены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Наукоемкие технологии в машиностроении» Московского политехнического университета.

Список литературы

1. Патент на изобретение RU №2828266 от 20.12.2023. Способ получения композиционных материалов из несмешивающихся компонентов на основе технологии сварки трением с перемешиванием. / Овчинников В.В., Шляпин А.Д., Курбатова И.А. Лукьяненко Е.В. Учеваткина Н.В. Якутина С.В. Опубликовано: 08.10.2024 Бюл. № 28.

2. Овчинников В.В., Дриц А.М. Технологические особенности сварки трением с перемешиванием соединений алюминиевых сплавов системы Al–Mg // Наукоёмкие технологии в машиностроении. 2019. №3. С. 7–19.

Быкова А.Е.
инженер,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
anna1-2016@mail.ru
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЛИТЕЙНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ СВАРКОЙ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

Аннотация. Приведены результаты исследования механических свойств и структуры соединений литейных алюминиевых сплавов, выполненных сваркой трением с перемешиванием (СТП). Процессы интенсивной пластической деформации в процессе СТП оказывают влияние на формирование микроструктуры сварного шва, от которой зависят его прочностные свойства, однако определяющим фактором является специфика температурно-временных условий, при которых реализуется процесс сварки трением с перемешиванием. Исследо-

вание структуры ядра шва выявило особую слоистую структуру металла, которая состоит из рекристаллизованных зерен, разделенных большеугловыми границами. Показано, что средний размер зерна в зоне перемешивания не зависит от среднего размера зерна в исходной отливке, а определяется параметрами сварки трением с перемешиванием. при СТП литейных алюминиевых сплавов в ядре сварного шва формируется полностью рекристаллизованная структура с одинаковым средним размером зерна в диапазоне 3,9–5,3 мкм. Коэффициент прочности сварных соединений сплавов ВАЛ10, АЛ19 и ВАЛ16, выполненных сваркой трением с перемешиванием, составляет 79,2, 81,3 и 96,7% соответственно.

Ключевые слова: литейные алюминиевые сплавы, сварка трением с перемешиванием, сварное соединение, механические свойства, микроструктура, размер зерна, твердость.

Bykova A.E.
Engineer
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
anna1-2016@mail.ru
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

MECHANICAL PROPERTIES OF WELDED JOINTS OF CAST ALUMINUM ALLOYS MADE BY FRICTION STIR WELDING

Abstact. The results of the study of the mechanical properties and structure of joints of cast aluminum alloys performed by friction stir welding (STR) are presented. The processes of intense plastic deformation in the process of STP affect the formation of the microstructure of the weld, on which its strength properties depend, but the determining factor is the specifics of the temperature-time conditions under which the process of friction stir welding is implemented. The grain size in the stirring zone does not depend on the average grain size in the original casting, but is determined by the friction stir welding parameters. In the case of STP of cast aluminum alloys, a fully recrystallized structure with the same average grain size in the range of 3.9–5.3 μm is formed in the core of the weld. The strength coefficient of welded joints of VAL10, AL19 and VAL16 alloys performed by friction stir welding is 79.2, 81.3 and 96.7%, respectively.

Keywords: cast aluminum alloys, friction stir welding, welded joint, mechanical properties, microstructure, grain size, hardness.

Сварка трением с перемешиванием (СТП) – достаточно новая технология, реализованная в современном виде в 1991 г. *The Welding Institute* (*TWI*), Великобритания [1]. С момента патентования способ сварки трением с перемешиванием (СТП) стал широко использоваться в разных областях промышленности для соединения сплавов, плохо свариваемых традиционными способами (алюминиевые сплавы, содержащие цинк, медь, литейные сплавы магния), металлов и сплавов, не образующих эвтектик и твердых растворов, а также вследствие его преимуществ в сравнении с другими способами соединения деталей путем сварки [2, 3, 4].

Применение процесса сварки трением с перемешиванием (СТП) позволило существенно повысить качество и уровень механических свойств соединений из деформируемых алюминиевых сплавов. В тоже самое время процессу СТП литейных алюминиевых сплавов уделяется существенно меньшее внимание.

Целью данной работы является исследование возможности сварки литейных алюминиевых сплавов сваркой трением с перемешиванием (СТП) и оценка механических свойств полученных соединений.

Для осуществления исследования использовались отливки размером 100х300 мм и толщиной 15 мм, получаемые из сплавов ВАЛ10, ВАЛ16 и АЛ19 методом литья в землю. Химический состав исследуемых сплавов приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав исследуемых литейных алюминиевых сплавов

Марка сплава	Легирующие элементы, масс %							Примеси	
	Al	Mn	Ti	Cu	Mg	Zn	Cd	Fe	Si
ВАЛ10	Осн.	0,55	0,19	4,92	≤ 0,05	≤ 0,1	0,13	≤ 0,15	≤ 0,10
ВАЛ16	Осн.	0,12	0,22	–	8,3	2,2	–	≤ 0,15	≤ 0,10
АЛ19	Осн.	0,82	0,21	4,78	≤ 0,05	≤ 0,2	–	≤ 0,20	≤ 0,30

Отливки подвергались термической обработке по режиму закалка + искусственное старение. Режимы термической обработки для исследуемых сплавов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Режимы термической обработки исследуемых литейных алюминиевых сплавов

Марка сплава	Параметры режима термической обработки	
	Закалка	Искусственное старение
ВАЛ10	535±5°С, выдержка 7 часов + 545 ºС, 9 часов, охлаждение в воде при температуре 45–50°С	160 ºС, 4 часа, охлаждение на воздухе
ВАЛ16	460±5°С, выдержка 3 часа, охлаждение в воде при температуре 45–50°С	160 ºС, 2 часа, охлаждение на воздухе
АЛ19	540±5°С, выдержка 12 часов, охлаждение в воде при температуре 80°С	250 ºС, 5 часов, охлаждение на воздухе

Перед сваркой выполняли фрезерование свариваемых заготовок до толщины 7 мм. Это позволило полностью устранить с поверхности заготовок литейную корку. Кроме того, данная толщина основного металла используется в ряде узлов из литейных алюминиевых сплавов ответственного назначения. В таблице 3 представлены механические свойства основного металла до сварки.

Таблица 3

Механические свойства литейных алюминиевых сплавов после термической обработки

Марка сплава	Предел прочности при растяжении σ_B, МПа	Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение δ_5, %	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2
ВАЛ10	450	320	5	12,5
ВАЛ16	316	180	8	29,4
АЛ19	360	260	5	11,8

Сварку образцов трением с перемешиванием осуществляли на экспериментальной установке, созданной на базе модернизированного вертикального фрезерного станка с ЧПУ. В качестве рабочего инструмента использовали специальный инструмент, состоящий из стержня диаметром 6 мм и длиной 6,7 мм с винтовой канавкой глубиной 0,4 мм. Диаметр заплечика инструмента составлял 24 мм. Рабочий инструмент был изготовлен из стали Р18.

Сварку исследуемых образцов осуществляли на режиме: частота вращения рабочего инструмента – 850 об/мин; скорость сварки – 95–120 мм/мин; усилие прижима инструмента к поверхности свариваемых заготовок – 25000 Н.

После сварки все образцы подвергались рентгеновскому контролю. Механические свойства сварных соединений и основного металла определяли на плоских образцах по ГОСТ 6669–66 толщиной 7 мм.

Прочностные испытания проводились на универсальной машине для испытания конструкционных материалов УТС 110М-100. Для определения механических характеристик образцы подвергали одноосному растяжению до разрушения при нарастающей нагрузке. Скорость нагружения составляла 15 мм/мин.

Свойства металла шва определяли на плоских образцах, имеющих специальную выборку в области шва и вырезанных поперек направления сварки (рисунок 1).

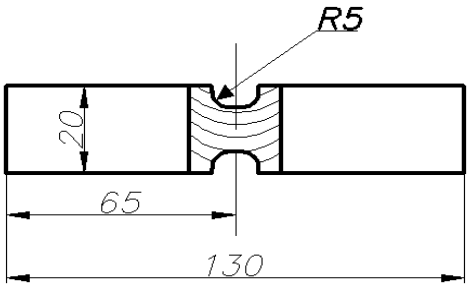


Рис. 1. Образец для определения предела прочности металла шва

Для определения плотности металла зоны перемешивания при различном уровне пористости в основном металле литейного алюминиевого сплава использовали метод гидростатического взвешивания образцов размером 4х4х10 мм.

Механические свойства сварных соединений исследуемых алюминиевых сплавов, выполненных сваркой трением с перемешиванием, представлены в таблице 4. В таблице для сравнения приведены механические свойства сварных соединений исследуемых алюминиевых сплавов из работы [5].

Таблица 4

Механические свойства сварных соединений сплавов ВАЛ10, АЛ19 и ВАЛ16

Вид образца	Предел прочности при растяжении σ_B, МПа		Коэффициент прочности сварного соединения К	Угол изгиба α, град.	Ударная вязкость *KCU* шва, Дж/см^2
	Сварное соединение	Металл шва			
Сплав ВАЛ10					
Сварное соединение АрДЭС	202,3	192	44,8	43	18,2
Сварное соединение СТП	334,6	336,7	74,2	55	60,2
Сплав АЛ19					
Сварное соединение АрДЭС	224,5	203	62,4	36	16,7
Сварное соединение СТП	291,6	302,5	81,3	60	54,9
ВАЛ16					
Сварное соединение АрДЭС	292,8	223,4	92,6	61	25,1
Сварное соединение СТП	305,6	326,4	96,7	134	81,2

Примечание: Свойства сварных соединений исследуемых сплавов приведены из работы [5].

Из данных таблицы 4 следует, что коэффициент прочности сварного соединения сплава ВАЛ16, выполненного СТП, составляет 74,2% и превышает значение коэффициента прочности соединения, полученного автоматической аргонодуговой сваркой (44,8%).

Разрушение образцов сварных соединений СТП происходило в зоне термомеханического влияния на «отступающей» стороне относительно линии стыка.

Следует отметить, что предел прочности металла шва для сплава ВАЛ10 при сварке трением с перемешиванием существенно превосходит прочность металла шва при аргонодуговой сварке, а также предел прочности сварного соединения.

При этом отмечается увеличение угла изгиба сварного шва по сравнению с основным металлом с 27 до 55°, т.е. практически в 2 раза. Наблюдается также увеличение значений ударной вязкости металла шва по сравнению с основным металлом с 12,5 до 60,2 Дж/см^2.

Аналогичная картина изменения механических свойств сварных соединений при переходе от сварки плавлением к сварке трением с перемешиванием отмечается для сплава АЛ19. В тоже время, коэффициент прочности соединения изменяется в более высоком интервале значений – с 62,4% (для аргонодуговой сварки) до 81,3% (для СТП). Хотя при этом абсолютные значения прочности сварного соединения и прочности металла шва для сплава АЛ19 меньше аналогичных показателей для сплава ВАЛ10.

Коэффициент прочности сварных соединений сплава ВАЛ16 имеет высокие значения как для аргонодуговой сварки, так и для сварки трением с перемешиванием. Разрушение образцов сварных соединений при испытаниях на статическую прочность происходит по основному металлу на расстоянии 3–7 мм от границы шва.

В тоже время прочность металла шва для соединений, полученных аргонодуговой сваркой, составляет 223,4 МПа и по величине меньше прочности сварного соединения (292,8 МПа).

Для сварных соединений, выполненных сваркой трением с перемешиванием, прочность металла шва составляет 326,4 МПа и существенной превосходит прочность сварного соединения (305,6 МПа). При этом отмечается существенное увеличение пластических свойств соединений – возрастает величина угла изгиба и ударной вязкости.

Отмеченное одновременное увеличение прочностных и пластических свойств металла шва при сварке трением с перемешиванием является следствием формирования ультрамелкодисперсной структуры в процессе сварки трением с перемешиванием. Помимо измельчения зерна и интерметаллидных фаз во время СТП, происходят сложные процессы фазовых превращений, зависящие от температуры, до которой нагревается металл: отжиг, возврат, распад твердого раствора и т.д. Совокупность этих процессов определяет свойства и место разрушения. Отличие СТП от сварки плавлением в температурах нагрева в зоне формирования шва и химическом составе металла шва (он при СТП полностью аналогичен химическому составу основного металла).

На рисунке 2 приведены значения плотности материала отливок из исследуемых сплавов в сопоставлении с плотностью металла шва.

Из приведенных на диаграмме данных можно заключить, что для всех исследуемых алюминиевых сплавов плотность металла шва превышает плотность основного металла. Наибольшая разность между плотностями основного металла и металла зоны перемешивания наблюдается для сплава ВАЛ16. Установленная разница в плотностях основного металла и металла зоны перемешивания для сплава ВАЛ16 составила 6–6,5%.

Установлено, что сварка трением с перемешиванием обеспечивает получение качественных стыковых сварных соединений литейных алюминиевых сплавов ВАЛ10, АЛ19 и ВАЛ16. Уровень механических свойств соединений СТП указанных сплавов превосходит уровень механических свойств соединений, выполненных автоматической аргонодуговой сваркой.

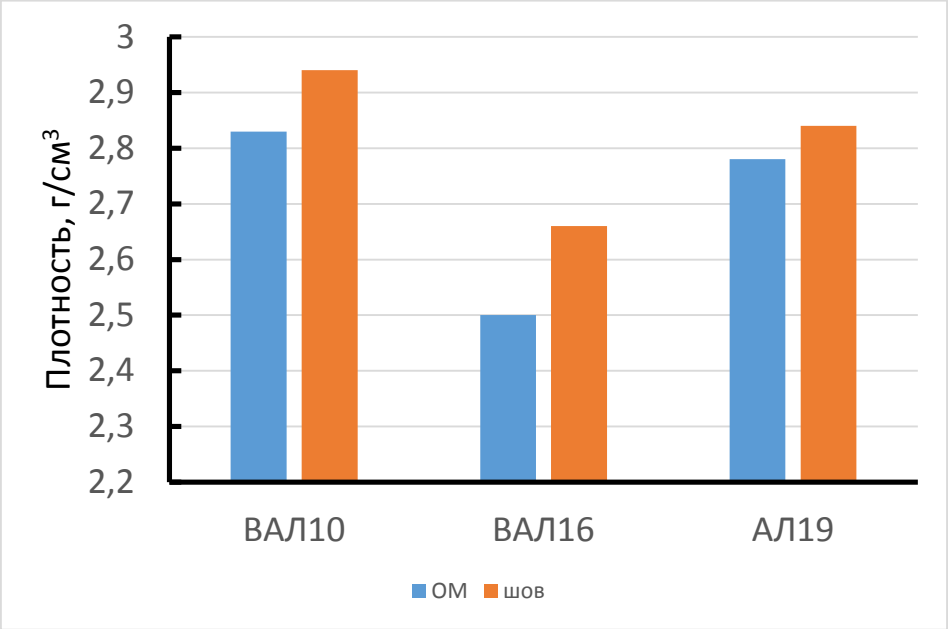


Рис. 2. Плотность основного металла (ОМ) и металла зоны перемешивания (шов) исследуемых алюминиевых сплавов

Коэффициент прочности сварных соединений сплавов ВАЛ10, АЛ19 и ВАЛ16, выполненных сваркой трением с перемешиванием, составляет 79,2, 81,3 и 96,7% соответственно.

Плотность металла шва соединений исследуемых сплавов, выполненных сваркой трением с перемешиванием, превышает плотность основного металла отливки.

Результаты получены в процессе выполнения проекта по государственному заданию FZRR-2023-0005 «Разработка основополагающих технологических принципов применения концентрированных потоков энергии для получения новых импортозамещающих композиционных материалов специального назначения на основе систем несмешивающихся компонентов».

Исследования выполнены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Наукоемкие технологии в машиностроении» Московского политехнического университета.

Список литературы

1. Thomas W.M., Nicholas E.D., Needham J.C., Murch M.G., Temple-Smith P., Dawes C.J. Friction stir butt welding. GB Patent № 9125978.8. International patent application PCT/GB92/02203. 1991.

2. Резников А.Н., Резников Л.А. Тепловые процессы в технологических системах. Москва: Машиностроение, 1990. – 288 с.

3. Штрикман М.М. Состояние и развитие процесса сварки трением линейных соединений (обзор). Ч. 2. Совершенствование инструмента и технологических схем сварки // Сварочное производство. 2007. № 10. С. 25–32.

4. Овчинников В.В. Технологические особенности сварки трением с перемешиванием алюминиевых и магниевых сплавов. // Машиностроение и инженерное образование. 2016. – №4. – С.22–45.

5. Быкова А.Е., Овчинников В.В., Скакова Т.Ю. Технологические особенности аргонодуговой сварки высокопрочных литейных алюминиевых сплавов. // Заготовительные производства в машиностроении. 2024. 22. №10. С.442–450. DOI: 10.36652/1684-1107-2024-22-10-442-450.

Резцов Р.Б.
аспирант,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
anikron_91@mail.ru
Овчинников В.В.
д.т.н, профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

СВОЙСТВА СТЫКОВЫХ СТП СОЕДИНЕНИЙ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ 6082Т6 И 1565ЧМ В РАЗНОИМЕННОМ СОЧЕТАНИИ

Аннотация. Представлены результаты экспериментальных исследований односторонней сварки трением с перемешиванием пластин толщиной 10 мм из алюминиевых сплавов 6082Т6 (прессованный профиль) и 1565чМ (лист находился со стороны набегания рабочего инструмента). Получены сварные стыковые соединения без внутренних дефектов. Предел прочности соединений составил в среднем 210,9 МПа, что составило 0,69 от прочности сплава 6082Т6. Разрушение сварных соединений при испытании на растяжение происходило по зоне термического влияния со стороны сплава 6982Т6. Предел прочности металла зоны перемешивания превосходит предел прочности сплава 6082Т6 и практически равен пределу прочности сплава 1565чМ. Микроструктура зоны перемешивания состоит из областей по химическому составу соответствующих химическому составу свариваемых сплавов, а также областей с частичным перемешиванием соединяемых сплавов. При этом металл зоны перемешивания стоек к межкристаллитной коррозии. Наиболее подвержена межкристаллитной коррозии зона термического влияния соединения со стороны сплава 6082Т6.

Ключевые слова: алюминиевый сплав, сплав 1565чМ, сплав 6082Т6, сварка трением с перемешиванием, параметры режима, механические свойства, микроструктура.

Reztsov R.B.
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
anikron_91@mail.ru
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

PROPERTIES OF BUTT STP JOINTS OF ALUMINUM ALLOYS 6082T6 AND 1565CHM IN DIFFERENT COMBINATIONS

Abstact. The results of experimental studies of one-sided friction welding with stirring of 10 mm thick plates made of aluminum alloys 6082T6 (pressed profile) and 1565chM (the sheet was on the side of the impact of the working tool) are presented. Welded butt joints without internal defects were obtained. The tensile strength of the joints averaged 210.9 MPa, which was 0.69 of the strength of alloy 6082T6 thermal effect from alloy 6982T6. The tensile strength of the metal of the mixing zone exceeds the tensile strength of alloy 6082T6 and is almost equal to the tensile strength of alloy 1565chM. The microstructure of the mixing zone consists of areas with a chemical composition corresponding to the chemical composition of the alloys to be welded, as well as areas with partial mixing of the alloys to be joined. At the same time, the metal of the mixing zone is resistant

to intergranular corrosion. The heat-affected zone of the 6082T6 alloy compound is most susceptible to intergranular corrosion.

Keywords: aluminum alloy, alloy 1565chM, alloy 6082T6, friction stir welding, mode parameters, mechanical properties, microstructure.

В настоящее время алюминиевые сплавы широко используются в различных конструкциях. В связи с необходимостью создания и применения легких свариваемых конструкций, общая работоспособность которых во многом определяется прочностью отдельных соединяемых элементов, остро встает вопрос возможности использования в них разноименных алюминиевых сплавов, что в ряде случаев позволяют значительно уменьшить стоимость конструкций и их массу.

При создании таких сварных конструкций зачастую приходится сваривать алюминиевые сплавы различных систем легирования. При сварке плавлением алюминиевых сплавов в разноименном сочетании возникает ряд серьезных проблем. К этим проблемам относится неоднородность структуры, повышенная склонность к коррозии, сложности с разработкой химического состава присадочной проволоки, пористость металла шва.

Во многом эти проблемы могут быть решены за счет формирования соединения в твердой фазе, как это происходит при сварке трением с перемешиванием. Поэтому относительно новый метод – сварка трением с перемешиванием (СТП) рассматривается как перспективный для получения соединений разноименных алюминиевых сплавов [1–4].

Эксперименты проводились на пластинах толщиной 10 мм из листа алюминиевого сплава 1565чМ и прессованного профиля из сплава 6082Т6, химический состав которых приведен в таблице 1. Механические свойства заготовок из сплавов 1565чМ и 6082Т6 представлены в таблице 2.

Таблица 1

Фактический химический состав пластин из сплавов 6082Т6 и 1565чМ

Марка сплава	Массовая доля элементов, %								
	Al	Mg	Mn	Zn	Cu	Zr	Cr	Fe	Si
6082Т6	Осн.	0,76	0,54	0,01	0,04	0,02 Ti	<0,01	0,28	0,87
1565чМ	Осн.	5,80	0,63	0,60	0,08	0,10	0,060	0,20	0,10

Таблица 2

Механические свойства листов сплава 1565чМ и пластин из профиля сплава 6082Т6

Марка сплава	Состояние полуфабриката	Временное сопротивление σ_B, МПа	Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение δ, %
1565ч	Отожженное (М)	355	215	18,5
6082	Закаленное и искусственно состаренное (Т6)	303	257	10,0

Стыковые соединения пластин сплавов 1565чМ и 6082Т6 выполняли сваркой трением с перемешиванием (СТП) на экспериментальной установке в комплекте со сборочно-сварочной оснасткой на ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель». Режим сварки трением с перемешиванием (СТП) (частота вращения инструмента, скорость перемещения инструмента, усилие прижима инструмента к свариваемым листам, угол наклона инструмента в плоскости свариваемого стыка) выбирались из условия получения плотного шва без дефектов и несплошностей (табл. 3).

Таблица 3

Параметры режима сварки трением с перемешиванием стыкового соединения исследуемых сплавов

Толщина, мм	Частота вращения инструмента, об/мин	Скорость сварки, мм/мин	Угол наклона инструмента в плоскости стыка, град	Усилие прижатия инструмента к поверхности деталей, кН
10,0	500	180–200	2	2,1

Для сварки использовали рабочий инструмент с плоскими заплечиками с канавками в форме спирали Архимеда и стержнем в виде усеченного конуса с резьбовой канавкой (стержень обращен меньшим основанием диаметром 8 мм к корневой стороне соединения). Глубина резьбовой канавки составляла 0,8 мм при ширине 1,0 мм. Диаметр заплечика инструмента составил 26 мм. Инструмент был изготовлен из стали Р6М5.

Сварка осуществлялась таким образом, что пластина из сплава 1565чМ находилась со стороны набегания рабочего инструмента.

Временное сопротивление соединений определяли на образцах по ГОСТ 6996–66 с шириной рабочей части 15 мм. Испытания образцов проводили на универсальной электромеханической испытательной машине Инстрон 5980. Для испытаний на статический изгиб применялись образцы шириной 10 мм, вырезанные поперек шва.

Макроструктуру сварных соединений, а также характер их разрушения исследовали с помощью цифрового стереоскопического микроскопа Motic DM-39C-N9GO-A. Для выявления макро- и микроструктуры образцы соединений подвергали травлению в реактиве Келлера (HCl – 5%, HNO_3 – 5%, HF – 5%, H_2O – 85%). Для исследования микроструктуры сварного соединения использовали анализатор структуры металлов на базе инвертированного микроскопа METKON IMM 902.

Испытания на межкристаллитную коррозию (МКК) образцов проводили по ГОСТ 9.021–74 при погружении образцов в раствор № 2 (при температуре 30±5 °С) в течение 6 часов.

На рисунке 1 представлены фотографии полученных сварных соединений и укрупненно приведен внешний вид шва.

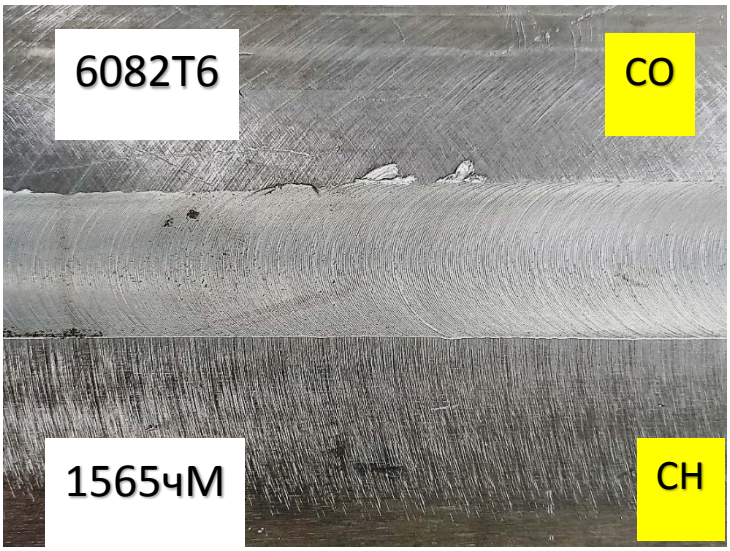


Рис. 1. Внешний вид сварного шва сплавов 6082Т6+1565чМ: СО – сторона отхода рабочего инструмента; СН – сторона набегания рабочего инструмента

Механические свойства сварных соединений сплавов 6082Т6+1565чМ представлены в таблице 4.

Таблица 4

Механические свойства сварных соединений сплавов 6082Т6+1565чМ

Предел прочности сварного соединения $\sigma_В$, МПа	Коэффициент прочности *K*	Предел прочности металла шва $\sigma_В^{ш}$, МПа	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2	Угол изгиба α, град.	Зона разрушения сварного соединения при испытаниях на растяжение
207,4–214,8 210,9	0,68–0,69	349,2–355,6 352,9	49–70 55,2	42–49 44	ЗТВ со стороны сплава 6082Т6

При испытании сварного соединения на растяжение разрушение образцов происходило по сплаву 6082Т6 (зона термического влияния) на расстоянии 3–4 мм от границы шва. При этом коэффициент прочности относительно сплава 6082Т6 составил 0,68–0,69.

Образцы для определения прочности металла зоны перемешивания (металла шва) показали высокие прочностные свойства на уровне 349,2–355,6 МПа. Коэффициент прочности по отношению к сплаву 6082Т6 составил $К_1$ = 1,16, а по отношению к сплаву 1565чМ – $К_2$ = 0,99. Таким образом, прочность металла шва превосходила прочность основного металла 6082Т6 и практически была равна прочности сплава 1565чМ.

Ударная вязкость сварных соединений по сварному шву при испытании образцов с канавкой U–образного профиля находится на достаточно высоком уровне 49–70 Дж/см^2. В то же время можно отметить невысокие показатели пластичности металла шва при трехточечном изгибе на уровне 42–49 градусов.

Анализ макроструктуры сварного соединения показал, что в зоне перемешивания наблюдается граница между соединяемыми сплавами (рис. 2). Можно отметить, что свариваемые сплавы в процессе СТП не были равномерно перемешаны. По-видимому, диффузия атомов через границу между слоями соединяемых сплавов является достаточно затрудненной.

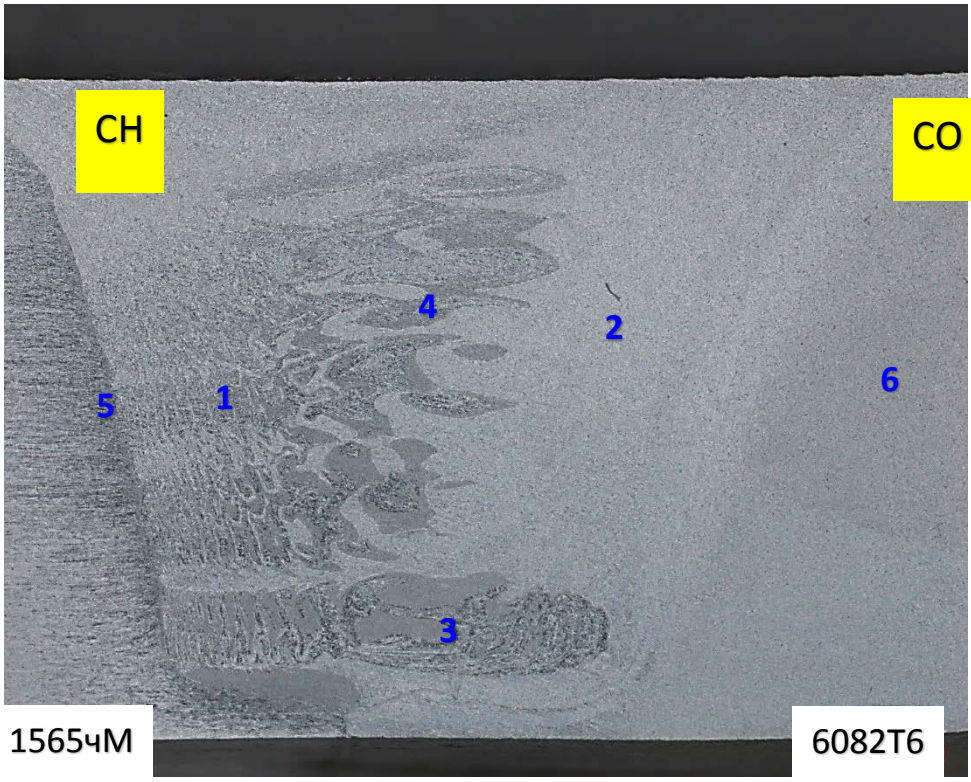


Рис. 2. Макроструктура сварного соединения сплавов 6082Т6+1565чМ и точки замера химического состава металла шва

Анализ данных, приведенных в таблице 5, показывает, что в области 3 присутствует только сплав 1565чМ. Химический состав данной области перемешивания практически полностью соответствует химическому составу сплава 1565чМ (область 5). В области 2 отмечается присутствие только сплава 6082Т6. Химический состав области 2 и 6 (область сплава 6082Т6 основной металл) имеют одинаковый химический состав.

Таблица 5

Химический состав отдельных областей металла шва (по основным легирующим элементам)

Область анализа	Содержание элементов, масс. %		
	Mg	Si	Mn
Область 1	2,4	0,5	0,5
Область 2	0,6	0,8	0,5
Область 3	5,6	0,1	1,1
Область 4	3,5	0,1	0,6
Область 5	5,7	–	0,6
Область 6	0,7	0,8	0,6
Сплав 6082Т6	0,78	0,89	0,52
Сплав 1565чМ	5,74	0,08	0,58

В областях 1 и 4 можно отметить наличие перемешивания соединяемых материалов. Улучшить перемешивание соединяемых материалов возможно за счет подбора режима сварки по частоте вращения рабочего инструмента и скорости его линейного перемещения (величина подачи), усилия прижатия инструмента к поверхности свариваемых пластин, а также за счет применения рабочего инструмента с усложненным профилем стержня.

Можно предположить, что сложная и слоистая структура металла зоны перемешивания, формирующаяся при СТП алюминиевых сплавов 6082Т6 и 1565чМ в разноименном сочетании может приводить к снижению коррозионной стойкости. Для этого были проведены исследования стойкости полученных сварных соединений к межкристаллитной коррозии (МКК).

Испытания на межкристаллитную коррозию (МКК) образцов проводили по ГОСТ 9.021 при погружении образцов в раствор № 2 (при температуре 30±5 ^{o}C) в течение 6 часов. Полученные значения коррозионной стойкости представлены в таблице 6.

Таблица 6

Результаты испытаний образцов сварных соединений сплавов 6082Т6 и 1565чМ на склонность к МКК

Исследуемая зона	Склонность к МКК, мкм				
	Основной металл 6082Т6	Основной металл 1565чМ	Зона термического влияния со стороны 6082Т6	Зона термического влияния со стороны 1565чМ	Сварной шов (зона перемешивания)
Максимальная глубина коррозионного поражения, мкм	10,5	12,9	32,4	13,5	Отсутствует
Характер коррозионных поражения	питтинги	питтинги	единичный участок	единичный участок, МКК	–

Из таблицы 6 можно заключить, что сварной шов не склонен к МКК, также как и основной металл 1565чМ и 6082Т6. Межкристаллитной коррозии подвержена в наибольшей степени зоны термического влияния со стороны сплава 6082Т6.

При сварке трением с перемешиванием на режиме 500 об/мин и скорости сварки 180–200 мм/мин получены бездефектные сварные соединения пластин толщиной 10 мм сплавов 1565чМ и 6082Т6 в разноименном сочетании.

Испытания сварного соединения на растяжение показали, что разрушение образцов происходило по сплаву 6082Т6 (зона термического влияния) на расстоянии 3–4 мм от границы шва. При этом коэффициент прочности относительно сплава 6082Т6 составил 0,68–0,69.

Образцы для определения прочности металла зоны перемешивания (металла шва) показали высокие прочностные свойства на уровне 349,2–355,6 МПа. Коэффициент прочности по отношению к сплаву 6082Т6 составил $К_1$ = 1,16, а по отношению к сплаву 1565чМ – $К_2$ = 0,99. Таким образом, прочность металла шва превосходила прочность основного металла 6082Т6 и практически была равна прочности сплава 1565чМ.

Металлографическими исследованиями и химическим анализом показано, что в зоне перемешивания сварных соединений присутствуют области с химическим составом свариваемых сплавов, где их перемешивание в процессе СТП не произошло. Одновременно в зоне перемешивания также наблюдаются области перемешивания свариваемых сплавов с промежуточным химическим составом по основным легирующим элементам.

Испытания на межкристаллитную коррозию показали, что металл зоны перемешивания указанному виду коррозии не подвержен. В то же время межкристаллитной коррозии подвержена в наибольшей степени зона термического влияния со стороны сплава 6082Т6.

Результаты получены в процессе выполнения проекта по государственному заданию FZRR-2023-0005 «Разработка основополагающих технологических принципов применения концентрированных потоков энергии для получения новых импортозамещающих композиционных материалов специального назначения на основе систем несмешивающихся компонентов».

Исследования проведены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Наукоемкие технологии в машиностроении» Московского политехнического университета.

Список литературы

1. Дриц А.М., Овчинников В.В. Сварка алюминиевых сплавов. – Москва: Руда и металлы, 2020. – 464 с.

2. Фролов В.А. Сварка трением с перемешиванием – плюсы и минусы / В.А. Фролов, А.Н. Иванюхин, А.Н. Сабанцев и др. // Сварочное производство. – 2008. – № 10. – С. 12–19.

3. Карманов В.В. Сварка трением с перемешиванием алюминиевых сплавов: сущность и специфические особенности процесса, особенности структуры сварного шва / В.В. Карманов, А.Л. Каменева, В.В. Карманов // Вестник ПНИПУ. – Аэрокосмическая техника, 2012. – № 32. – С. 67–80.

4. Лукин В.И. Сварка алюминиевых сплавов в авиакосмической промышленности / В.И. Лукин, О.Г. Оспенникова, Е.Н. Иода, М.Д. Пантелеев // Сварка и диагностика. – 2013. – № 2. – С. 47–51.

Назарова Е.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
Nealen4ik@inbox.ru

КАМЕРЫ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

Аннотация. Настоящая статья посвящена исследованию нескольких видов камер радиационной защиты для работы с рентгеновскими аппаратами в процессе работы и режиме ожидания оценки соответствия. Предназначены такие камеры на производственных площад-

ках. В статье рассмотрены основные характеристики, опасности в режиме эксплуатации, опасности в режиме ожидания, опасности воздействия на территорию в месте установки и опасности персонала, находящегося рядом с установкой. Для чего предназначены камеры радиационной защиты?

Ключевые слова: камера радиационной защиты, опасность, защита, персонал, снижение, предназначены, камеры.

Nazarova E.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Nealen4ik@inbox.ru

RADIATION PROTECTION CHAMBERS

Abstract. This article is devoted to the study of several types of radiation protection cameras for working with X-ray machines during operation and in the standby mode of conformity assessment. The article discusses the main characteristics, hazards in operation mode, hazards in standby mode, the dangers of exposure to the area at the installation site and the dangers of personnel near the installation.

Keywords: radiation protection chamber, danger, protection, personnel, decline.

Люди с опасностью относятся к камерам радиационной защиты и считают их вредными для здоровья. Что же это за камеры? Давайте в данной статье рассмотрим несколько видов камер.

Камеры радиационной защиты используются для снижения степени воздействия ионизирующего излучения на организм оператора в ходе проведения неразрушающего контроля радиографическими методами.

Поясним что, радиографический метод неразрушающего контроля (радиография) – это метод радиационного неразрушающего контроля, основанный на преобразовании радиационного изображения контролируемого объекта в радиографический снимок или записи этого изображения на запоминающем устройстве с последующим преобразованием в световое изображение [1].

Основными видами опасности для персонала при радиографическом контроле являются воздействие на организм ионизирующего излучения.

Стационарная система для радиографического контроля НК-300

Кабина радиационной защиты с раздвижными двустворчатыми воротами откатного типа с электрическим приводом, со световой, звуковой сигнализацией и системой оптического барьера безопасности при открывании и закрывании двери и электрическим щитом управления. При применении рентгеновского аппарата постоянным напряжением на аноде до 300 кВ.

Толщина свинцового слоя – не менее 30 мм.;

Мощность дозы на расстоянии 10 см от поверхности – 1,0 мкЗв/ч;

Размер внутреннего пространства – 2500х2000х2500 мм.

Камера радиационной защиты Арион-25.22.22.16

Предназначена для работы с рентгеновскими аппаратами с анодным напряжением до 250 кВ. Обеспечивает ослабление первичного и рассеянного излучения до безопасных значений в соответствии с действующими нормами. Дополнительная радиационная защита не требуется. Универсальная камера для решения широкого круга задач контроля в условиях заводских лабораторий.

Конструкция защитной камеры выполнена из стали и свинца, имеет одну распашную дверь для загрузки рентгеновского аппарата и объекта контроля.

Камера оснащена системой вытяжной вентиляции, блокировкой самопроизвольного открывания двери, а также блокировкой включения рентгеновского аппарата при открытой двери. Внутри и снаружи камеры установлены кнопки для аварийного отключения рентге-

новского аппарата. Для индикации режимов работы рентгеновского аппарата имеется световое табло «Рентгеновское просвечивание». Конфигурация устанавливаемого в камере манипулятора для позиционирования рентгеновского аппарата, объекта контроля и детектора рентгеновского излучения зависит от технологической карты контроля.

Толщина свинцового слоя – 16 мм.;

Мощность дозы на расстоянии 10 см от поверхности – 1,0 мкЗв/ч;

Габаритные размеры наружные -– 2630 х 2509 х 2610 мм.;

Размер внутреннего пространства – 2500х2100х21 мм.

Камера радиационной защиты Арион-40.30.30.06

Предназначена для работы с рентгеновскими аппаратами с анодным напряжением до 160 кВ. Камера обеспечивает ослабление первичного и рассеянного излучения до безопасных значений в соответствии с действующими нормами. Дополнительная радиационная защита не требуется. Универсальная камера для контроля крупногабаритных изделий в условиях заводских лабораторий.

Камера представляет собой сборно-разборную конструкцию, состоящую из металлического каркаса и закрепленных на нем панелей, выполненных из стали и свинца.

Камера оснащена системой безопасности и светозвукового оповещения, автоматически отключающей подачу излучения в момент открывания дверей. Для светозвуковой сигнализации и индикации режимов работы рентгеновского аппарата используется сигнальная лампа-вспышка и световое табло «Рентгеновское просвечивание».

Ток на аноде рентгеновского аппарата при максимальном напряжении – до 6 мА

Толщина свинцового слоя – 6 мм

Мощность дозы на расстоянии 10 см от поверхности – менее 1,0 мкЗв/ч

Габаритные размеры камеры наружные – 4315 х 3390 х 3150 мм

Внутренние размеры камеры – 4000 х 3000 х 2900 мм [3].

Камеры радиационной защиты предназначены для минимализации ионизирующего излучения при проведении неразрушающего контроля как для самих операторов, так и для окружающей среды и остальных сотрудников. При использовании установок (аппаратов), за пределами которых мощность дозы излучения в рабочем положении и при хранении источника не превышает 0,3 мбэр/ч на расстоянии 1 м от доступных частей поверхности установки, специальные требования к помещениям и размещению установок не предъявляются.

При использовании приборов с закрытыми радионуклидными источниками и устройств, генерирующих ионизирующее излучение, вне помещений или в общих производственных помещениях должен быть исключен доступ посторонних лиц, обеспечена сохранность источника.

Список литературы

1. ГОСТ Р 55776 – 2013 Контроль неразрушающий радиационный: национальный стандарт Российской Федерации: Издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. N9 1570-ст: введен впервые: разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений*» (ФГУП «ВНИИОФИ») Москва Стандартиформ, 2015 – усп. пен. л. 1.86. – 31 экз. – Текст: непосредственный.

2. ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий соединения сварные. Радиографический метод: Межгосударственный стандарт: Издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 20.12.82 №4923: взамен ГОСТ 7512 – 75: Издание (май 2004г.) с Изменениями №1, утвержденным в марте 1988г. (ИУС 6-88): дата введения 01.01.84: Москва ИПК Издательство Стандартов – усп. печл. 2,32 – 117 экз. – Текст: непосредственный.

3. Каталог: ООО «ИДЭЛИС» неразрушающий контроль https://idelis.ru/catalog/rentgenovskie-kamery [сайт]. – (дата обращения: 20.04.2025).

Гаврилов Д.А.
аспирант,
ИМАШ РАН,
Россия, Москва
gavriuss@yandex.ru
Карцев С.В.
д.т.н., ведущий научный сотрудник Лаборатории цифровых методов управления жизненным циклом изделий машиностроения,
ИМАШ РАН,
Россия, Москва
kazo61@mail.ru

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ТРУБОВАЛА ДИФФУЗИОННОГО АППАРАТА НАКЛОННОГО ТИПА СВЕКЛОСАХЛОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Статья посвящена анализу работы диффузионного аппарата свеклосахарного завода, ключевого элемента в процессе извлечения сахарозы из свекловичной стружки. Основное внимание уделено конструктивным и эксплуатационным характеристикам диффузионного аппарата, а также особенностям износа его компонентов, в частности, подшипников скольжения. Акцентируется внимание на значимости своевременного обслуживания и замены изношенных компонентов, чтобы сократить возможные простои оборудования.
Ключевые слова: диффузионный аппарат, подшипник скольжения, цифровая модель.

Gavrilov D.A.
Postgraduate Student
IMASH RAN
Russia, Moscow
gavriuss@yandex.ru
Kartsev S.V.
Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Digital Methods of Life Cycle Management of Mechanical Engineering Products
IMASH RAN
Russia, Moscow
kazo61@mail.ru

ANALYSIS OF THE OPERATING CONDITIONS OF SLIDING BEARINGS FOR INCLINED-TYPE PIPE DIFFUSION APPARATUS OF BEET-SUGAR PRODUCTION

Abstact. The article is devoted to the analysis of the operation of the diffusion apparatus of a sugar beet factory, a key element in the process of extracting sucrose from beet chips. The main attention is paid to the design and operational characteristics of the diffusion apparatus, as well as the wear characteristics of its components, in particular, sliding bearings. Attention is focused on the importance of timely maintenance and replacement of worn-out components in order to reduce possible equipment downtime.
Keywords: diffusion apparatus, sliding bearing, digital model.

Любая остановка одного из промежуточных этапов переработки сахарной свеклы способна повлиять на весь производственный процесс в целом. Необходимость ремонта технологического оборудования вызывает вынужденные простои, что увеличивает сроки хранения исходного сырья, и может оказать негативное влияние на его качество. Сахарный завод функционирует круглосуточно, посредством сменного графика производства работ, на протяжении четырёх месяцев подряд – такой режим эквивалентен годовой работе среднестатистического

предприятия. Из-за воздействия высоких нагрузок оборудование требует регулярного технического обслуживания и ремонта, причём не только после завершения сезона, но также во время специально организованных технологических перерывов в процессе работы.

Условия свеклосахарного производства предъявляют повышенные требования к надёжности используемых в оборудовании деталей. Среди них выделяются быстроизнашивающиеся элементы, ресурс которых ограничен примерно 200 часами непрерывной работы. Эти детали чаще всего выпускаются предприятиями-изготовителями без дополнительной обработки поверхности, повышающей износостойкость [1, 4].

Состав технологической линии свеклосахарного производства

Сахарная свекла – единственная сельскохозяйственная культура Европы, используемая для производства сахара. Она служит основным сырьем для российской сахарной индустрии, выращивается в 26 регионах государства и обрабатывается на 68 специализированных предприятиях – свеклосахарных заводах.

Сахарная промышленность Российской Федерации, способна перерабатывать порядка 40 млн тонн корнеплодов в сезон и производить свыше 6,0 млн тонн сахара.

Основным составляющим звеном свеклосахарного завода является диффузионный аппарат. Извлечение сахарозы производится в диффузионных аппаратах из свекловичной стружки. В процессе непрерывного действия диффузионный аппарат обеспечивает минимизацию потери сахарозы из свекловичной стружки и одновременно максимальную концентрацию сахара в получаемом соке. Диффузионный сок содержит около 15% сахара в своем составе, в последующем поступает на очистку [2].

Диффузионный аппарат представляет собой наклонное двухшнековое устройство, корпус которого выполнен из биметалла и образован двумя пересекающимися полуцилиндрами. Корпус устанавливается под углом на фундаменте или подготовленной площадке.

Питательная вода поступает в аппарат через верхнюю часть корпуса, где также расположено устройство для выгрузки жома. Транспортная система включает в себя вращающиеся шнеки и неподвижные контрлопасти, закреплённые внутри корпуса. Специальные пластины, приваренные к корпусу, предотвращают совместное вращательное движение стружки с лопастями шнека.

Свекловичная стружка поступает в загрузочный бункер и транспортируется шнеками по диффузионному аппарату в направлении разгрузочного устройства. Во время транспортировки стружки по аппарату навстречу ей движется вода. В паровых камерах происходит процесс термоплазмолиза.

Подшипники скольжения, внутренние и наружные вкладыши опор и валов, соединительные муфты, ножи и лопасти, наконечники приводных валов, детали привода – все эти элементы подвержены интенсивному износу и оказывают значительное влияние на техническое состояние диффузионного аппарата. Их своевременное обслуживание и замена позволяют сократить вероятность простоя оборудования.

Анализ условий эксплуатации

Подшипники скольжения предназначены для восприятия осевых и радиальных нагрузок, действующих на вал. Эффективность работы диффузионного аппарата во многом зависит от качества опор скольжения и их устойчивости к износу.

Подшипник скольжения включает в себя корпус, вкладыши (втулки) и смазывающие устройства. Опорная часть вала называется цапфой. В диффузионных аппаратах чаще всего используются подшипники скольжения с цилиндрической формой рабочей поверхности. Общий вид, сечение подшипника скольжения и его конструктивные элементы изображены на рисунке 1.

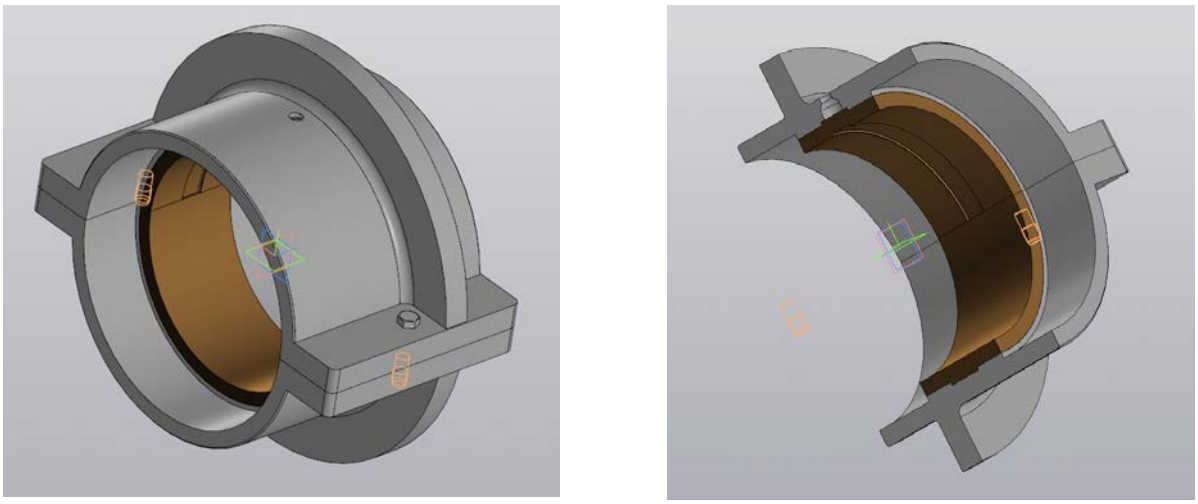


Рис. 1. Общий вид и сечение подшипника скольжения

Практика свидетельствует, что присутствие системы подачи смазки в конструкции диффузионного аппарата не гарантирует полной защиты вкладышей подшипников скольжения от возможных неисправностей. Такие неисправности могут возникать вследствие различных факторов, включая износ, перенос материала, выкрашивание, а также образование задиров и царапин. Эти проблемы могут быть вызваны несколькими основными типами износа: механическим (включает абразивный, контактный, эрозионный износ); коррозионным (представлен фретинг-коррозией, химическим и электроэрозионным износом), которые могут проявляться как самостоятельно, так и в сочетании друг с другом.

Способность материала подшипника выдерживать и воспринимать циклическую нагрузку без изменения своих свойств, проявления остаточной деформации, определяется такими характеристиками материала как усталостная прочность и твердость материала, из которого изготавливается подшипник скольжения в общем и его вкладыш, в частности. Наибольшим значением предела прочности из материалов применяемых для изготовления вкладышей подшипников скольжения обладает бронзы, а наименьшим свинцово-оловянно-медные сплавы.

Пластичность материала вкладыша напрямую влияет на его способность улавливать твердые частицы, что критично для надежности узла подшипник скольжения – трубовал диффузионного аппарата. Масляные фильтры системы подачи масла удаляют частицы крупнее 40 мкм, но даже при идеальных условиях работы, частицы, превышающие толщину масляной пленки, все равно попадают в рабочую зону.

Самовостонавливаемость материала вкладыша характеризуется способностью в процессе эксплуатации, в течении короткого времени минимизировать и сглаживать дефекты после исключения из зоны контакта частиц, вызвавших их причину появления. Бронзы, из которых преимущественно выполнены вкладыши подшипника скольжения диффузионного аппарата свеклосахарного производства не обладают данной способностью, поэтому возникший дефект на поверхности вкладыша (царапина, каверна небольшого размера) будет являться потенциальной причиной дальнейшего его разрушения.

Частой причиной износа подшипника скольжения диффузионного аппарата является эрозионный износ. Твердые частицы приводят к износу рабочих поверхностей подшипника. Основными причинами эрозионного износа подшипника скольжения является несвоевременный контроль износом в процессе эксплуатации, а также незначительная защита подшипника от абразивных частиц, содержащихся в свекловичной стружке или ее полное отсутствие [3].

Для дальнейшего изучения работы подшипника скольжения и процессов, вызывающих его износ, построена 3D цифровая модель «подшипник – трубовал» в системе автоматизированного проектирования КОМПАС-3D, которая в последующем была импортирована в программный комплекс ANSYS (рисунок 2).

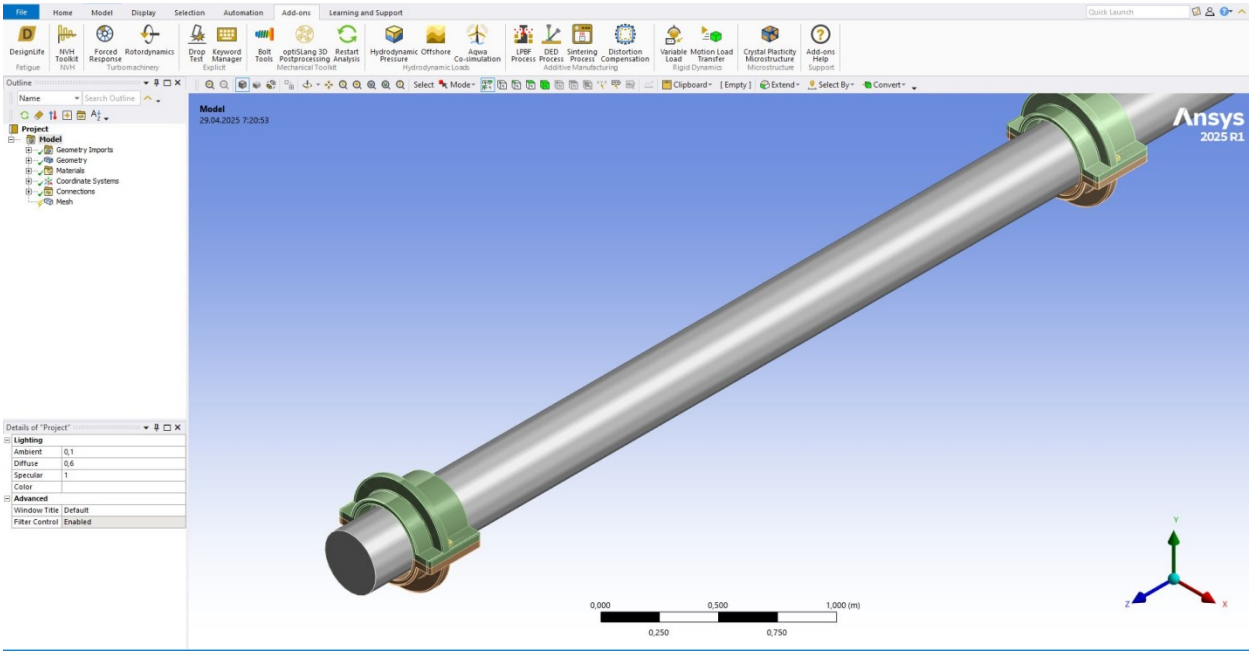


Рис. 2. Цифровая модель «подшипник – трубовал» в ANSYS

В ходе анализа была выполнена комплексная оценка условий эксплуатации подшипников скольжения трубовала диффузионного аппарата наклонного типа свеклосахарного производства. Рассмотрены ключевые факторы их влияние на эксплуатационные характеристики подшипников.

На основе полученных данных рекомендуется внедрение новых материалов для подшипников, применение усовершенствованных технологий обработки поверхностей и использование современных систем мониторинга состояния подшипников. Эти меры помогут минимизировать износ, улучшить тепловые и смазочные характеристики, а также повысить общую эффективность работы диффузионных аппаратов.

Список литературы

1. Иванов В.П. Источники экономической эффективности ремонтно-восстановительного производства / В.П. Иванов, Т.В. Вигерина // Труды ГОСНИТИ. – 2018.

2. Карцев С.В. Восстановление и упрочнение деталей технологического оборудования свеклосахарного производства плазменным методом: дис. д-ра техн. наук: / Карцев Сергей Васильевич. – Москва, 2023.

3. Карцев С.В. Инженерные рекомендации по восстановлению быстроизнашивающихся деталей технологического оборудования свеклосахарного производства плазменным напылением с последующим оплавлением / С.В. Карцев, И.Н. Кравченко, И.С. Карцев [и др.] // Трибология – машиностроению. Труды XIII Международной научно-технической конференции. – Москва, 2020.

4. Юдин В.М. Ресурсосберегающие технологии при ремонте машин: дис. д-ра техн. наук: 05.20.03 / Юдин Владимир Михайлович. – Москва, 2001.

Харитонов Д.А.
аспирант,
МАДИ,
Россия, Москва,
kharitonovdaniil15@gmail.com

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ВАРИАНТ УВЕЛИЧЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ЗАПАСА ХОДА ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Аннотация. В статье рассматривается проблема избыточной массы гибридных автомобилей, отрицательно влияющая на динамику и запас хода. Анализируются недостатки традиционных подходов, направленных на увеличение емкости аккумуляторов и повышение КПД силовых установок. Приведен обзор современного состояния вопроса, касающегося применения композитных материалов в автомобильной отрасли, описаны актуальные виды композитов (GFRP, CDRP, CFRP). Автором описывается успешный пример снижения металлоёмкости путем подбора оптимальных композиционных материалов для элементов кузова и подвески на автомобиле Volkswagen Golf GTE, где была осуществлена замена ряда металлических компонентов, позволившая сниить массу автомобиля почти на 200 кг без потери прочности.

Ключевые слова: гибридные автомобили, композиционные материалы, металлоёмкость, метод конечных элементов, топологическая оптимизация, запас хода, динамика транспортного средства.

Kharitonov D.A.
Postgraduate Student
MADI
Russia, Moscow
kharitonovdaniil15@gmail.com

ALTERNATIVE APPROACH TO IMPROVE DYNAMIC PERFORMANCE AND INCREASE RANGE OF HYBRID VEHICLES

Abstact. The article discusses the problem of excessive weight in hybrid vehicles, which negatively affects their dynamic performance and range. It analyzes the shortcomings of traditional approaches aimed at increasing battery capacity and improving power unit efficiency. An overview is provided on the current state-of-the-art regarding composite materials application in automotive industry, with a focus on relevant types of composites such as Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP), Carbon Dry Reinforced Polymer (CDRP), and Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP). A successful case study demonstrates how metal reduction can be achieved by selecting optimal composite materials for body and suspension components using the example of Volkswagen Golf GTE, where replacing several metallic parts resulted in nearly 200 kg weight loss without compromising strength.

Keywords: hybrid vehicles, composite materials, metal content, finite element method, driving range, vehicle dynamics.

Активное внедрение гибридных автомобилей на сегодняшний день выступает одной из важнейших задач, решаемых в рамках развития мировой автопромышленности, которая обусловлена, с одной стороны, всеобщим стремлением к экологичности, с другой стороны – продиктована явной необходимостью повышения эффективности транспорта. Однако, к сожалению, нужно констатировать, что высокая металлоёмкость современных гибридных моделей ограничивает возможность решения данной задачи из-за отсутствия оптимального соотношения между мощностью и массой, что, в свою очередь, негативно влияет на показатели динамики и запас хода. Очевидно, что повышение веса гибридных машин связано с добавлением сложных электроустановочных узлов – электродвигателей, аккумуляторных батарей,

генераторов, инверторов и сопутствующих устройств, значительно увеличивающих общую массу транспортного средства.

Здесь нужно отметить, что традиционные подходы к увеличению запаса хода, например, повышение ёмкости аккумуляторных батарей и улучшение энергоэффективности двигателей, эффективны далеко не в полной мере. Перспективным направлением видится уменьшение массы самого автомобиля за счет активного внедрения лёгких и высокопрочных композиционных материалов, обладающих уникальными механическими свойствами и существенно снижающими вес конструкций.

Целью данной статьи является описание альтернативного подхода, сочетающего в себе модернизацию кузовных и силовых элементов гибридного автомобиля за счёт использования композиционных материалов.

Актуальность данного исследования связана с глобальным трендом перехода на гибридные транспортные средства. Одной из ключевых проблем гибридных автомобилей, как по мнению ученых, так и по мнению практиков, является повышенная масса транспортного средства.

Силовая установка, состоящая из двигателя внутреннего сгорания, электродвигателя, генератора, инвертора и аккумуляторная батарея, обладает повышенной массой. Так же при добавлении широкого спектра различных электрокомпонентов увеличивается масса, за счёт чего ухудшается динамика и запас хода. Здесь подчеркнем, что помимо традиционных подходов увеличения запаса хода и динамических характеристик, которые заключаются в увеличении емкости аккумуляторной батареи и повышением КПД силовой установки, существует альтернативный вариант увеличения динамических характеристик и запаса хода гибридных автомобилей за счёт снижения общей массы транспортного средства.

Сегодня основные усилия разработчиков, продиктованные глобальным трендом на снижение массы транспортных средств (EV/HEV) без потери прочности, сконцентрированы на комплексном подходе решения проблемы снижения массы автомобиля. Чаще всего все усилия сконцентрированы на совершенствовании отдельных компонентов.

В тоже время простое облегчение автомобиля не решает проблему автоматически. Необходимо учитывать, что современные гибридные транспортные средства сталкиваются с так называемым «парадоксом гибридов», который вызван необходимостью добавления большого количества тяжелых электрических компонентов, таких как мощные аккумуляторы и высокоэффективные электродвигатели.

Все вышеперечисленное приводит к пониманию того, что наиболее эффективной стратегией решения данной проблемы может стать грамотное сочетание нескольких факторов: замена массивных металлических компонентов на современные компоненты, произведенные из композиционных материалов, тщательная оптимизация структуры кузова и продуманное размещение масс внутри транспортного средства. Именно подобный комплексный подход позволит сохранить высокий уровень надежности и прочности конструкции, не жертвуя основными показателями энергоэффективности и комфорта вождения.

В настоящее время современные автомобильные производители используют несколько вариантов снижения металлоёмкости транспортных средств за счёт композиционных материалов. С помощью методов топологической оптимизации и метода конечных элементов подбираются наиболее уместные узлы, агрегаты и кузовные элементы автомобиля, а так же подбираются композиционные материалы.

Наиболее актуальными типами композиционных материалов, применяемых в автомобильной промышленности, сегодня по мнению специалистов являются: **GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer)** – данный композиционный материал, состоящий из полимерной матрицы на основе полиэфирной, эпоксидной или винилэфирной смолы, используется в автомобильной промышленности в основном для кузовных панелей, элементов интерьера и топливных баков. Этот материал легче алюминия на 20-30% [1]. **CDRP (Carbon Dry Reinforced Polymer)** – этот композиционный материал состоит из армированного углеродного волокна, не пропитанного смолой на этапе производства. В материал смола добавляется после производства методом вакуумной инфузии. Сухие углепластики, зачастую, используются в сило-

вых элементах кузова автомобиля [1]. **CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer)** – сверхлёгкий композиционный материал, состоящий из двух основных компонентов: углеродное волокно, которое обеспечивает жесткость и прочность и полимерная матрица на основе эпоксидных смол, которая связывает волокна и распределяет нагрузку. В автомобильной промышленности материал используется для производства монококов, силовых элементов, частей подвески и кузовных панелей. Деталь произведенная из CFRP на 40-50% легче алюминиевой детали при сопоставимой прочности [1, 2].

Предлагаемая инновация заключается в уменьшении металлоёмкости пола и элементов подвески гибридного транспортного средства. Полагаем, что на основе методов топологической оптимизации, расчёта методом конечных элементов и правильном проектированием ребер жесткости возможно подобрать композиционный материал и заменить металлический пол гибридного автомобиля и элементов подвески на соответствующие детали из композиционных материалов. Таким образом при получении новой массы гибридного автомобиля можно рассчитать новый динамический фактор автомобиля, который поможет более точно понять динамические характеристики транспортного средства и сравнить данный автомобиль с заводским аналогом (1):

$$D = \frac{P_T - P_B}{G}. \quad (1)$$

где G=mg.

С точки зрения экспериментальной части стоит продумать испытания на вибрационном стенде и компьютерной симуляции удара автомобиля по мировым стандартам безопасности. Здесь важно подчеркнуть, что композиционный материал должен быть подобран не только согласно прочностным техническим требованиям, но и исходя из экономических соображений.

Одним из успешных примеров замены металлических кузовных элементов на соответствующие, произведенные из композиционных материалов, является эксперимент, проведенный инженерами Volkswagen Audi Group. В данном эксперименте была поставлена задача по снижению металлоёмкости и оптимизации массы гибридного транспортного средства Volkswagen Golf GTE. Согласно данным производителя, стандартная масса автомобиля составляет 1610 кг, масса металлических компонентов, которые были заменены инженерами компании на соответствующие, произведенные из композиционных материалов, составляет 467 кг. В рамках данного эксперимента использовались композиционные материалы на основе стекловолкна GFRP и материалы на основе углеродного волокна CFRP. В результате замены кузовных элементов, корпуса аккумуляторной батареи, элементов подвески, сидений и интерьерных панелей удалось снизить массу с 467 кг до 267 кг. Полученные итоговые результаты наглядно демонстрируют очевидный потенциал использования композиционных материалов для снижения массы гибридных автомобилей и уменьшения их металлоемкости. Итак, описанный эемперимент показывает, что правильный подбор материалов и методов расчета позволяет достичь заметного эффекта, а именно: снижение массы заменяемых компонентов автомобиля практически вдвое, как было показано на примере модели Volkswagen Golf GTE. Подобные опыты открывают широкие перспективы для модернизации гибридных транспортных средств и повышения их конкурентоспособности на рынке.

Подводя итоги, отметим, что дальнейшие разработки в направлении применения композиционного материала, особенно используемых в сочетании с новейшими методами моделирования и оптимизации, позволят создать более современные поколения легковых и коммерческих гибридных автомобилей.

Список литературы

1. SAE Technical Paper 2021-01-0423. Lightweight Design for Electric Vehicles [корпоративный сайт] -https://www.sae.org/publications/technical-papers (дата обращения: 18.04.2025)

2. Di He, Hyung Chul Kim, Matthew Doolan Improving mechanical and life cycle environmental performances of recycled CFRP automotive component by fibre architecture preservation // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. 2023. Volume 17.- [сайт] –

https://pdf.sciencedirectassets.com/271638/1-s2.0-S1359835X23X00104/1-s2.0-S1359835X23003251/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEAoaCXVzLWVhc3 (дата обращения: 20.04.2025)

3. Chawla K. K. Composite Materials: Science and Engineering [сайт] - https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-28983-6 (дата обращения: 21.04.2025)

Адищев П.Г.
аспирант,
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова,
Россия, Магнитогорск
adishev2015@yandex.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ХЛАДОСТОЙКОСТИ СТАЛИ

Аннотация. Сегодня важной задачей государственного уровня становится освоение и устойчивое развитие Арктического региона – территории, имеющей ключевое значение для страны и определяющей развитие мировой экономики и энергетического сектора на ближайшие десятилетия. В статье рассматривается повышение уровня хладостойкости конструкционных сталей, используемых в разных отраслях.

Ключевые слова: хладостойкость, сталь, раскисление, титан, марганец, алюминий.

Adishev P.G.
Postgraduate Student
Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov
Russia, Magnitogorsk
adishev2015@yandex.ru

MODERN APPROACHES TO INCREASING COLD RESISTANCE OF STEEL

Abstract. Today, an important task at the state level is the development and sustainable development of the Arctic region – a territory of key importance for the country and determining the development of the world economy and energy sector for the coming decades. The article discusses increasing the level of cold resistance of structural steels used in various industries.

Keywords: cold resistance, steel, deoxidation, titanium, manganese, aluminum.

Сегодня многие стратегически важные объекты нефтегазовой и машиностроительной отраслей России, транспортной инфраструктуры и мостостроения функционируют в условиях значительных температурных воздействий. Одновременно важной задачей государственного уровня становится освоение и устойчивое развитие Арктического региона – территории, имеющей ключевое значение для страны и определяющей развитие мировой экономики и энергетического сектора на ближайшие десятилетия. Поэтому актуальной научной проблемой выступает повышение уровня хладостойкости конструкционных сталей, используемых в разных отраслях. Целью работы является анализ современных подходов к повышению хладостойкости сталей.

Повышение холодостойкости сталей достигается *за счет* измельчения зерен при помощи термической или термомеханической обработки, а также использованием разных химических составов, обеспечивающих формирование мелкозернистой структуры. Трещины часто возникают именно там, где имеются структурные несовершенства, препятствующие движению дислокаций. Особенно значимую роль такие препятствия играют при низких температурах, где ими становятся примесные атомы. Одним из методов снижения склонности

стали к хрупкому разрушению является снижение концентрации серы и фосфора. Фосфор, растворяясь в феррите, деформирует кристаллическую решетку, ухудшая пластичность материала. Его отрицательное воздействие усиливается при скоплении на границах зерен и возникновении ликвационных зон. Согласно данным работы [1] добавление в сталь более 0,1 % масс. фосфора может способствовать хрупкому разрушению. В отличие от фосфора сера практически не растворяется в феррите и присутствует в стали в виде сульфидов. В процессе деформации сульфидные частицы подвергаются растяжению и принимают вытянутую форму вдоль направления прокатки. Это обуславливает ослабление границ зерен и затрудняют пластическую деформацию, снижая пластичность стали [2-3]. Кроме того, негативное воздействие серы и фосфора заключается в способности их атомов скапливаться не только на границах зерен, но и внутри самих зерен, а также на малоугловых границах субзерен.

Металлургическими путями повышения хладостойкости стали являются раскисление и модификация. Раскисление является важным металлургическим процессом, направленным на снижение содержания растворенного кислорода в жидком металле. Этот процесс не только улучшает качество стали, но и способствует повышению ее хладостойкости за счет измельчения зерна и оптимизации структуры. Раскисление с использованием алюминия, марганца и титана позволяет достичь наследственной мелкозернистости, что положительно влияет на механические свойства стали.

Алюминий является одним из наиболее эффективных раскислителей благодаря своей высокой реакционной способности с кислородом. Реакция протекает по схеме: $2Al + 3O = Al_2O_3$. Образующийся оксид алюминия (Al_2O_3) всплывает в шлак, что позволяет эффективно удалять кислород из расплава. Расход алюминия обычно составляет 0,5–2 кг/т стали при температуре 1550–1600 °C.

Марганец также широко используется для раскисления стали. Реакция происходит по схеме: $Mn + O = MnO$. Марганец не только удаляет кислород, но и положительно влияет на механические свойства стали, повышая ее прочность и прокаливаемость. Типовой расход марганца составляет 5–12 кг/т стали. Марганец часто используется в сочетании с кремнием для улучшения эффективности процесса [4-6].

Титан является хорошим раскислителем и одновременно микролегирующим элементом, способствующим измельчению зерна и повышению прочности стали. Он также улучшает обрабатываемость и сопротивление коррозии. Титан используется в меньших количествах по сравнению с алюминием и марганцем, но его присутствие существенно влияет на структуру и свойства стали.

Комбинированное использование алюминия, марганца и титана позволяет достичь более эффективного раскисления и улучшения структуры стали. Например, первоначальная присадка алюминия и марганца позволяет удалить основную часть кислорода, а последующая добавка титана способствует измельчению зерна и повышению прочности [7]. Это сочетание позволяет оптимизировать процесс производства стали с наследственной мелкозернистостью, что особенно важно для сталей, работающих в условиях низких температур [8].

В работе [9] описаны подходы и механизмы формирования требуемого уровня свойств хладостойких свариваемых сталей различной прочности. Согласно рассматриваемому научному подходу, общие принципы выбора оптимальной структуры рассматриваемых материалов включают:

– морфологическое подобие структурных составляющих (размер зерен, субзерен, плотность дислокаций, дисперсность карбидной фазы);

– повышение дисперсности структуры аустенита и превращенной структуры;

– исключение формирования протяженных границ раздела в стали со смешанной структурой и протяженных пластинчатых карбидов на них.

Данная задача имеет два основных решения:

1. Подбор химического состава сплава таким образом, чтобы обеспечить широкий диапазон скоростей охлаждения без изменений в характере фазовых превращении.

2. Последовательная оптимизация технологических этапов производства, направленная на поэтапное измельчение микроструктуры стали.

Рассмотренные выше и иные подходы широко реализуются ведущими зарубежными и российскими предприятиями металлургической отрасли. К числу мировых лидеров в области производства высокопрочных хладостойких сталей относят следующих производителей:

1. Компания voestalpine Grobblech GmbH (Австрия). Компания специализируется на производстве высокопрочного листового проката с повышенной хладостойкостью. Примером является линейка сталей alform x-treme.

2. Компания DILLINGER (Германия), выпускающая ультравысокопрочные стали DILLIMAX Grade и др.

3. Компания SSAB (Швеция). Примером выпускаемой продукции являются высокопрочные стали северного исполнения Strenx 700-1300 F.

4. Компания NLMK Clabecq (Бельгия), предлагающая высокопрочные стальные листы, реализуемые под брендом Quend.

Отдельного внимания заслуживает продукция ПАО «Северсталь» и ПАО «ММК», занимающая лидирующие позиции на рынке хладостойких свариваемых сталей России.

Указанные предприятия производят стальной прокат с широкой номенклатурой свойств, однако представленная на мировом рынке продукция удовлетворяет повышенным требованиям только по одному из ключевых параметров (либо износостойкость, либо хладостойкость, либо высокая прочность и т.д). Таким образом, остается актуальной проблема разработки наукоемкой технологии производства металлопроката из новой хладостойкой высокопрочной стали, обладающей комбинацией трудно сочетаемых свойств высокого уровня.

В связи с вышеизложенным в настоящее время учеными ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» выполняется проект, направленный на разработка научно обоснованного химического состава и технологических режимов изготовления новых импортозамещающих материалов, обладающих высоким уровнем трудносочетаемых показателей, в том числе:

-временное сопротивление разрыву: не менее 1200 МПа;

-условный предел текучести: не менее 950 МПа;

-относительное удлинение: не менее 10 %;

-твердость HBW: не менее 350.

Импортозамещающие материалы обладают уникальным сочетанием высоких прочностных свойств, пластичности, износостойкости и устойчивости к низким температурам вплоть до минус 70 °С, превосходящие зарубежные сплавы. Такие характеристики позволяют применять материал при производстве конструктивных элементов машин (например, несущие сварные каркасы, узлы, рамы и корпуса различных механизмов общего назначения), а также оборудования горнодобывающей промышленности и другой техники, испытывающей одновременное воздействие экстремально низких температур, статических, динамических, ударных или повторяющихся нагрузок, наряду с сильным абразивным износом.

Работа выполнена под научным руководством П.П. Полецкова – доктора технических наук, профессора кафедры технологий обработки материалов ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова».

Статья подготовлена в рамках проекта, реализуемого за счет гранта Российского научного фонда № 23-19-20018 от 20.04.2023 г., а также средств Минобрнауки Челябинской области (Соглашение № 164 от 28.06.2024 г.), https:// rscf.ru/project/23-19-20018/.

Список литературы

1. Солнцев Ю.П. Пряхин Е.И. Материаловедение // Учебник для вузов. СПб.: Химиздат, 2007. 784 с.

2. Development and application of advanced highstrength steels in lightweight cars for heavy-duty mining dump trucks. L. Gu1, Z. Wang, Ch. Ma. Proceedings of the International Symposium on Wear Resistant Alloys for the Mining and Processing In-dustry CBMM. 2018. P. 47-65.

3. Altuna MA, Iza-Mendia A, Gutiérrez I (2012) Precipitation of Nb in ferrite af-ter austenite conditioning. Part II: strengthening contribution in high-strength low-alloy (HSLA) steels. Metal Mater Trans A 43(12):4571–4586.

4. Макровец Л.А., Самойлова О.В., Михайлов Г.Г. Раскислительная способность алюминия в железо-марганцевых углеродсодержащих расплавах. Известия высших учебных заведений. Черная Металлургия 2023. № 66(2), С. 206-214.

5. Константинов В.М., Галимский А.И., Хина Б.Б. Анализ путей повышения хладостойкости ряда углеродистых и низколегированных конструкционных сталей // Материаловедение и металловедение в металлургии и машиностроении. – 2017. – С 177–185.

6. Ниобий содержащие низколегированные стали / Хайстеркамп Ф., Хулка К., Матросов Ю.И. и др. // М.: «СП Интермет Инжиниринг», 1999. 94 с.

7. Зикеев В.Н. Металловедение и термическая обработка металлов 1979, № 4, С. 5-8

8. Березин С.К. Формирование реечного мартенсита и механических свойств низкоуглеродистых сталей, легированных сильными карбидообразующими элементами. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Пермь, 2019. 173 с.

9. Хладостойкие стали. Структура, свойства, технологии /Хлусова Е.И., Сыч О.В., Орлов В.В. // Физика металлов и металловедение. 2021 Т. 122 № 6 С. 621-657.

Чуликова Ж.Е.
старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения и системы автоматизированного производства»,
Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета,
Россия, Коломна
matriza_janna@mail.ru
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ХАРАКТЕРИСТИКИ УПРОЧНЕННОЙ СТАЛИ 08Х18Н10Т В УСЛОВИЯХ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Аннотация. Установки гидроочистки дизельного топлива типа Л-24/6. Л-24/7 представляют собой высокотехнологичную энергетическую систему, в условиях работы которой наблюдается активация разрушительных процессов отдельных элементов. В частности, структурные изменения и снижение прочностных характеристик материла печных змеевиков существенно влияют на эксплуатационные показатели.

Таким образом, для повышения надежности и долговечности оборудования необходимо проведение углубленных исследований, направленных на выявление критических границ работы и разработку рекомендаций по оптимизации режимов обслуживания.

В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований характеристик материала труб печных змеевиков, стали 08Х18Н10Т при кратковременном нагружении. Особенное внимание уделено влиянию деформационной наследственности на физико-механические свойства сплава.

Полученные данные могут служить основой для актуализации мероприятий по техническому обслуживанию установок нефтепереработки с целью обеспечения безопасной и эффективной эксплуатацию агрегатов в широком диапазоне мощностей.

Ключевые слова: аустенитная сталь 08Х18Н10Т, деформационная наследственность, кратковременная прочность, физико-механические свойства.

Chulikova Zh.E.
Senior Lecturer at the Department of Mechanical Engineering Technology and Automated Production Systems
Kolomna Institute (branch) Moscow Polytechnic University
Russia, Kolomna
matriza_janna@mail.ru
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

CHARACTERISTICS OF STEEL 08X18N10T UNDER SHORT-TERM TESTING CONDITIONS

Abstact. Diesel fuel hydrotreating units of the L-24/6. L-24/7 type are a high-tech energy system, in which the destructive processes of individual elements are activated. In particular, structural changes and a decrease in the strength characteristics of furnace coil materials significantly affect operational performance. This data can serve as the basis for updating maintenance activities for oil refining installations in order to ensure their reliability and durability.

Thus, in order to increase the reliability and durability of the equipment, it is necessary to conduct in-depth research aimed at identifying critical boundaries of operation and developing recommendations for optimizing maintenance modes.

This paper presents the results of experimental studies of the material characteristics of furnace coil pipes, steel 08H18N10T under short-term loading. Special attention is paid to the influence of deformation heredity on the physico-mechanical properties of the alloy.

The data obtained can serve as a basis for updating maintenance measures for oil refining plants in order to ensure safe and efficient operation of units in a wide range of capacities.

Keywords: austenitic steel 08H18N10T, deformation heredity, short-term strength, physical and mechanical properties.

Трубы печных змеевиков промышленных установок гидроочистки топлива изготовлены из аустенитной стали 08XI8HI0T, при этом срок службы змеевиков Л-24/6, Л-24/7 не регламентированы, а для блоков гидроочистки установки ЛК-6У установлен на 50 тыс. ч [3].

Многолетние наблюдения и анализ эксплуатационных параметров установок выявили, что фазовые превращения в материале труб ведут к деградации физико-механических свойств. Вместе с этим, при плановых испытаниях не были обнаружены значительные ухудшения свойств металла в диапазоне температур эксплуатации.

Перед авторами статьи встала задача установить зависимость механических свойств стали 08Х18Н10Т от ее деформационной наследственности. Испытания проводились по кратковременному циклу нагружения на металле в состоянии поставки.

На рисунке 1 приведены усредненные результаты кратковременных испытаний в интервале температур 20…750 °С образцов, предварительно подвергнутых холодной деформации при 20 °С, степень деформации ε = 0,1 и ε = 0,2.

Графическое сравнение характеристик кратковременной прочности и пластичности по средним значениям (рисунок 1), показывает, что с ростом степени предварительной холодной деформации растет предел прочности и текучести как при нормальной, так и повышенных температурах до 650 °С, выше прочность металла резко снижается и при 750 °С эффект упрочнения практически незначителен.

Изучение влияния на физико-механические свойства предварительной горячей деформации проводилось в интервале 20…750 °С при постоянной степени деформирования (ε =0,2).

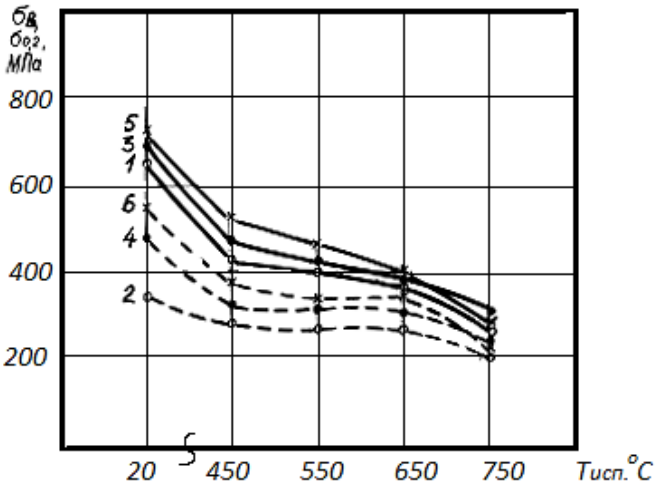


Рис. 1. Влияние холодной деформации (при 20 ºС)
на механические свойства стали 08Х18Н10Т:
○ – ε = 0; ● – ε = 0,1; x – ε = 0,2; 1, 3, 5 – σ_B ————; 2, 4,6 – $\sigma_{0,2}$ ---------

Графическое сравнение изменений характеристик прочности по средним значениям (рисунок 2) показывает, что предварительная горячая деформация более эффективно повышает кратковременную прочность, чем равная ей по величине холодная деформация, как при нормальной, так и повышенных температурах.

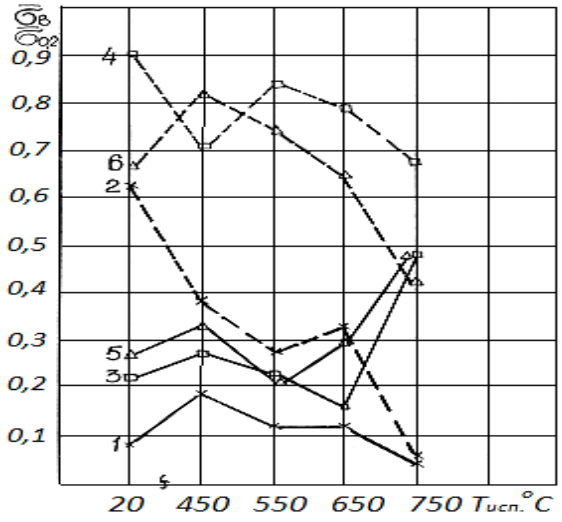


Рис. 2. Влияние горячей деформации на механические свойства стали 08Х18Н10Т:
ε = 0,2; ——— σ_B; x – $T_Д$ = 20 ºС (кривые 1 и 2); Δ – $T_Д$ = 600 ºС (кривые 3 и 5); ------- $\sigma_{0,2}$;
□ – $T_Д$ = 450 ºС (кривые 4 и 6)

Влияние холодной деформации на пластичность материала подтверждает сложность взаимодействия между температурой и механическими свойствами. Изменения в микроструктуре аустенитной стали, вызванные холодной деформацией, могут снижать её способность сопротивляться термическому воздействию. Образование дислокаций и другие деформационные дефекты приводят к снижению однородности структуры, что негативно сказывается на жаропрочности.

При высоких температурах такие сплавы подвержены эксплуатационному старению, что напрямую влияет на их долговечность. Недостаточная жаропрочность может привести к охрупчиванию материала [1], образованию избыточных выделений и микротрещин, способствующих разрушению конструкции.

В отличие от холоднодеформированного металла после горячей деформации эффект упрочнения выше 650 °С не только не снижается, но и достигает по пределу прочности ($\sigma_в$) максимальных значений при 750 °С (рисунок 2, кривые 3, 5), [4].

Температурный режим и степень предварительной деформации влияют на механические свойства стали 08Х18Н10Т. При температурных испытаниях выше 650 °С наблюдается заметное снижение прочности, что указывает на структурные изменения в металле, обусловленные высокой температурой.

Предварительно холоднодеформированный материал обладает повышенными прочностными свойствами при кратковременном растяжении. Однако эффект упрочнения снимается ростом температуры испытаний.

Механические свойства аустенитной стали, подвергнутой горячей деформации, значительно превосходят аналогичные характеристики холоднодеформированных образцов.

В заключение, результаты исследований подчеркивают важность оптимизации режимов эксплуатации печных змеевиков в целях повышения их долговечности и надежности работы установок очистки дизельного топлива.

Список литературы

1. Чуликова Ж.Е., Овчинников В.В. Влияние длительных выдержек при повышенной температуре на жаропрочность стали 08Х18Н10Т // Заготовительные производства в машиностроении. 2024. Т. 22. № 5. – С. 221-228.

2. Чуликова Ж.Е., Овчинников В.В. Влияние термообработки на комплексные свойства стали 08Х18Н10Т. В сборнике: Новые технологии. Наука, техника, педагогика = New Technologies. Science, Engineering, Pedagogics. Материалы Всероссийской научно-практической конференции = Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference. 2024. – С. 298-304.

3. Чуликова Ж.Е., Овчинников В.В. Механизм изотермического старения сплава 18-8// Фундаментальные основы механики. 2024. № 14. – С. 122-125.

4. Чуликова Ж.Е., Овчинников В.В. Влияние холодной деформации на физико-механические свойства стали 08Х18Н10Т при кратковременном нагружении // Заготовительные производства в машиностроении. 2025. Т. 23. № 3. – С. 138-142.

5. Чуликова Ж.Е., Овчинников В.В. Эволюция структуры стали 08Х18Н10Т при длительной выдержке при высокой температуре. В сборнике: СМиС-2023. Технология управления качеством = SMaC 2023. Quality management technology. Материалы Международной научно-технической конференции = Proceedings of the International Scientific and Technical Conference. 2023. – С. 121-129.

6. Чуликова Ж.Е., Овчинников В.В. Особенности легирования и свойства аустенитной стали 12Х18Н10Т. В сборнике: Наука, техника, педагогика в высшей школе. МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ. 2023. – С. 329-335.

7. Чуликова Ж.Е., Овчинников В.В. Жаропрочность стали 08Х18Н10Т при изменении температурно-временных параметров старения. В сборнике: СМИС-2024. Технологии управления качеством. Материалы Международной научно-технической конференции. 2024. – С. 99-105.

Володин К.Е.
директор по продажам,
ИТЦ «ЛазерТех»,
Россия, Москва
k.volodin@itclt.ru
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ОКСИДНОЙ ПЛЕНКИ НА СПЛАВЕ 1565Ч ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ОЧИСТКИ

Аннотация. Исследовано влияние поверхностной лазерной очистки на структуру оксидной пленки на поверхности листов алюминиевого сплава 1565ч. После лазерной очистки наблюдается существенное изменение цвета поверхности листа сплава 1565чМ с темно-серого (для исходного состояния) до светлого матово-серебристого после лазерной очистки. Лазерная очистка поверхности листов сплава 1565чМ способствует уменьшению толщины оксидной пленки и устранению в ее структуре гидратированной влаги. В комплексе это должно привести к предотвращению образования пористости в металле шва. Применение лазерной зачистки поверхности позволяет снизить количество и средний диаметр пор по сравнению с зачисткой механической щеткой примерно в 2 раза. По этому показателю лазерная зачистка поверхности листов сплава 1565чМ практически равноценна химическому травлению.

Ключевые слова: алюминиевый сплав 1565чМ, поверхностная лазерная очистка, оксидная пленка, структура оксидной пленки, пористость сварного шва.

Volodin K.E.
Sales Director
LaserTech R&D Center
Russia, Moscow
k.volodin@itclt.ru
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

CHANGE IN THE STRUCTURE OF THE OXIDE FILM ON THE 1565H ALLOY UNDER THE INFLUENCE OF SURFACE LASER CLEANING

Abstact. The effect of surface laser cleaning on the structure of the oxide film on the surface of 1565ch aluminum alloy sheets was investigated. Laser cleaning of the surface of 1565chM alloy sheets helps to reduce the thickness of the oxide film and eliminate hydrated moisture in its structure. In combination, this should lead to the prevention of the formation of porosity in the weld metal. The use of laser surface cleaning allows you to reduce the number and average diameter of pores compared to cleaning with a mechanical brush by about 2 times. According to this indicator, laser cleaning of the surface of 1565chM alloy sheets is almost equivalent to chemical etching.

Keywords: 1565chM aluminum alloy, surface laser cleaning, oxide film, oxide film structure, weld seam porosity.

Схема процесса лазерной очистки поверхности алюминиевого сплава 1565чМ перед сваркой приведена на рисунке 1.

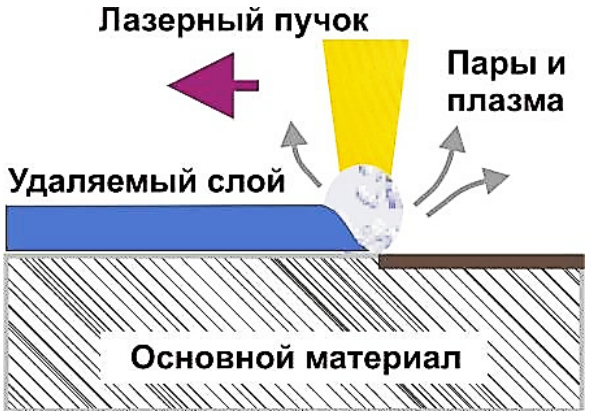


Рис. 1. Принципиальная схема процесса лазерной очистки поверхности алюминиевых сплавов перед сваркой

Импульсы света, передаваемые лазером, поглощаются внешним слоем обрабатываемой поверхности. Мощная поглощенная энергия создает плазму (ионизированный несбалансированный газ), сильно сжатую, она разжимается, создавая ударную волну. Эта ударная волна расщепляет и удаляет тонкие частицы слоя загрязняющего вещества, которые подхватываются системой всасывания. Световой импульс достаточно короток для того, чтобы избежать возникновения термических явлений, которые могли бы повредить поверхность.

Для эффективной работы интенсивность энергии должна быть приспособлена и отрегулирована на уровне между двумя порогами:

– порог очистки, при котором в загрязняющем слое создается плазма;

– порог ущерба, при котором плазма начинает ухудшать субстрат.

Каждый импульс лазера удаляет некоторый слой загрязняющего вещества. Если слой толстый, для идеальной очистки основы потребуются несколько импульсов. Очень важный эффект, получаемый при сочетании двух порогов – самоограничение очистки: световые импульсы, плотность энергии которых превосходит первый порог, будут удалять загрязнение до основы. В этом месте, плотность их энергии ниже порога ущерба основы. Никакое взаимодействие в данном случае невозможно.

Эта способность дозировки (определяемая предварительными испытаниями) делает из метода лазерной обработки, спектрально избирательную технологию, которая позволяет на одной и той же поверхности воздействовать на определенные вещества сильнее, чем на другие.

Для осуществления лазерной очистки необходимо сочетать высокую эффективность очистки (для чего требуются короткие – наносекундные или пикосекундные импульсы) с достаточной деликатностью воздействия, чтобы избежать повреждения поверхности металла (необходима большая длительность импульса и умеренные значения интенсивности). Чтобы удовлетворить эти противоречивые требования, необходим точный выбор параметров лазерного излучения и применение специальных подходов и методов для каждого конкретного случая.

В работе были выполнены эксперименты, подтверждающие эффективность предложенной технологии. Для выполнения экспериментов использовали установку LightCLEAN при следующих параметрах лазерного излучения: выходная мощность лазера 750–800 Вт; ширина зоны обработки – 40 мм; фокусное расстояние – 100 мм.

На рисунке 2 приведен внешний вид поверхности листа сплава 1565чМ до и после лазерной очистки.

Из рисунка 2 видно, что после лазерной очистки наблюдается существенное изменение цвета поверхности листа сплава 1565чМ с темно-серого (для исходного состояния) до светлого матово-серебристого после лазерной очистки.

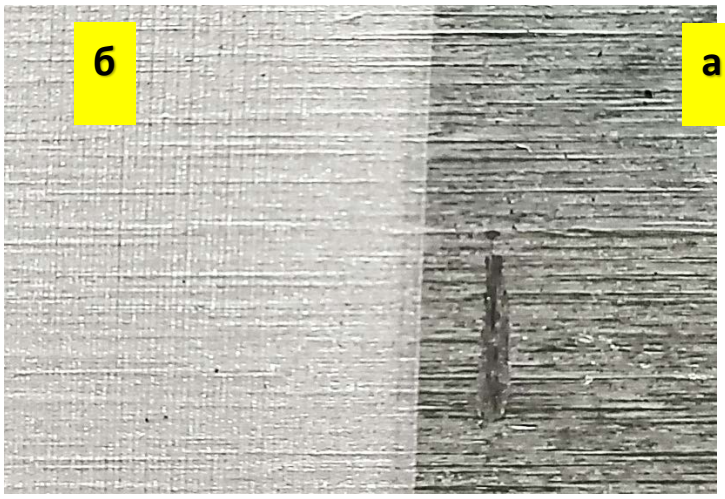


Рис. 2. Поверхность листа сплава 1565чМ в исходном состоянии (а) и после лазерной очистки (б)

Результаты анализа структуры оксидной пленки на поверхности листа сплава 1565чМ после лазерной очистки приведены в таблице 1.

Таблица 1

Толщина и фазовый состав оксидной пленки листов сплава 1565чМ до и после лазерной очистки

Параметр	Исходное состояние	После лазерной очистки
Толщина оксидной пленки, мкм	345–415	10–26
Фазовый состав оксидной пленки	MgO + $Mg(OH)_2$ + $Al_2O_3 \cdot MgO$	Al_2O_3 + MgO

Можно отметить, что лазерная очистка поверхности листов сплава 1565чМ способствует уменьшению толщины оксидной пленки и устранению в ее структуре гидратированной влаги. В комплексе это должно привести к предотвращению образования пористости в металле шва.

Для оценки влияния способа очистки поверхности перед сваркой на пористость металла швов сплава 1565чМ были сварены плазменной сваркой образцы толщиной 6 мм после следующих методов очистки поверхности:

– механическая зачистка свариваемых кромок вращающейся металлической щеткой;

– химическое травление кромок в щелочи NaOH с последующим осветлением в 30%-ном растворе азотной кислоты и механической зачисткой торцевых поверхностей кромок вращающейся металлической щеткой;

– лазерная очистка торцевой поверхности свариваемых кромок и примыкающих к ним поверхностей на расстоянии 15–20 мм от стыка.

На рисунке 3 приведен внешний вид шва, полученного плазменной сваркой с полым анодом, на листах сплава 1565чМ с предварительной подготовкой свариваемых поверхностей кромок лазерной очисткой.

Определение плотности и пористости сварных швов производился гидростатическим методом, регламентированным ГОСТ 5180–84. Взвешивание производили на аналитических весах OHAUS AR-2140 с погрешностью измерений ±0,0001 г.



Рис. 3. Внешний вид сварного шва листа сплава 1565чМ, выполненного плазменной сваркой с полым анодом с предварительной лазерной очисткой свариваемых кромок

Истинная плотность может быть рассчитана, например, исходя из строения кристаллических тел, а фактическая плотность измерена. Сравнивая значения теоретической $\rho_т$ и фактической ρ плотности твёрдого тела, можно определить его пористость, пренебрегая малым вкладом других дефектов:

$$П = \frac{\rho_т - \rho}{\rho_т} \cdot 100\%.$$

Помимо гидростатического взвешивания для определения пористости применяли метод компьютерной рентгеновской томографии.

На первом этапе исследований было изучено влияние технологии подготовки поверхности свариваемых пластин из сплава 1565чМ на образование пор в швах при плазменной сварке полым анодом. Для этого исключали влияние торцевой поверхности кромок за счет сварки по целой пластине.

Установлено, что при лазерной сварке листов сплава 1565чМ без зачистки поверхности в металле шва формируется развитая пористость с наличием крупных пор диаметром в интервале 0,3–0,9 мм. Применение механической зачистки металлической щеткой привело к некоторому снижению пористости, особенно пор крупного диаметра.

В случае травления пластин в щелочи NaOH с последующим осветлением в 30%-ном растворе азотной кислоты пористость в металле шва практически была полностью устранена, кроме отдельных пор диаметром 0,05–0,1 мм. При лазерной очистке поверхности свариваемых листов в металле шва можно отметить отдельные участки с порами диаметром 0,15–0,22 мм в количестве 3–5 штук на 100 мм шва.

Для более точной оценки влияния технологии подготовки поверхности листов сплава 1565чМ под сварку из сварных швов вырезали образцы длиной 10 мм вдоль шва и шириной порядка 5 мм, т.е. по 1 мм отступя в сторону основного металла от границы сварного шва. Ширина шва при сварке листов толщиной 6 мм из сплава 1565чМ плазменной сваркой без присадочной проволоки составила 7,6–8,4 мм. Затем образцы были подвергнуты гидростатическому взвешиванию. Результаты исследования по оценке влияния способа подготовки поверхности на пористость сварного шва сплава 1565чМ приведены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что применение лазерной зачистки поверхности позволяет снизить количество и средний диаметр пор по сравнению с зачисткой механической щеткой примерно в 2 раза. По этому показателю лазерная зачистка поверхности листов сплава 1565чМ практически равноценна химическому травлению.

Таблица 2

Пористость швов сплава 1565чМ при плазменной сварке в зависимости от способа подготовки поверхности перед сваркой

Способ подготовки поверхности	Количество пор диаметром 0,1–0,2 на 100 мм шва	Количество пор диаметром 0,2–0,5 на 100 мм шва	Общее количество пор на 100 мм шва	Средний диаметр пор, мм
Без подготовки	82	90	172	0,25
Зачистка металлической щеткой	70	27	97	0,21
Химическое травление в щелочи с осветлением в 30%-ном растворе азотной кислоты	35	16	51	0,11
Лазерная очистка поверхности	20	26	46	0,15

Результаты гидростатического взвешивания приведены на рисунке 4. Из приведенного рисунка видно, что применение лазерной очистки поверхности сплава 1565чМ позволяет практически полностью исключить пористость в металле шва при плазменной сварке. Полученные результаты гидростатического взвешивания также подтверждаются результатами оптической микроскопии сварных швов (рисунок 5).

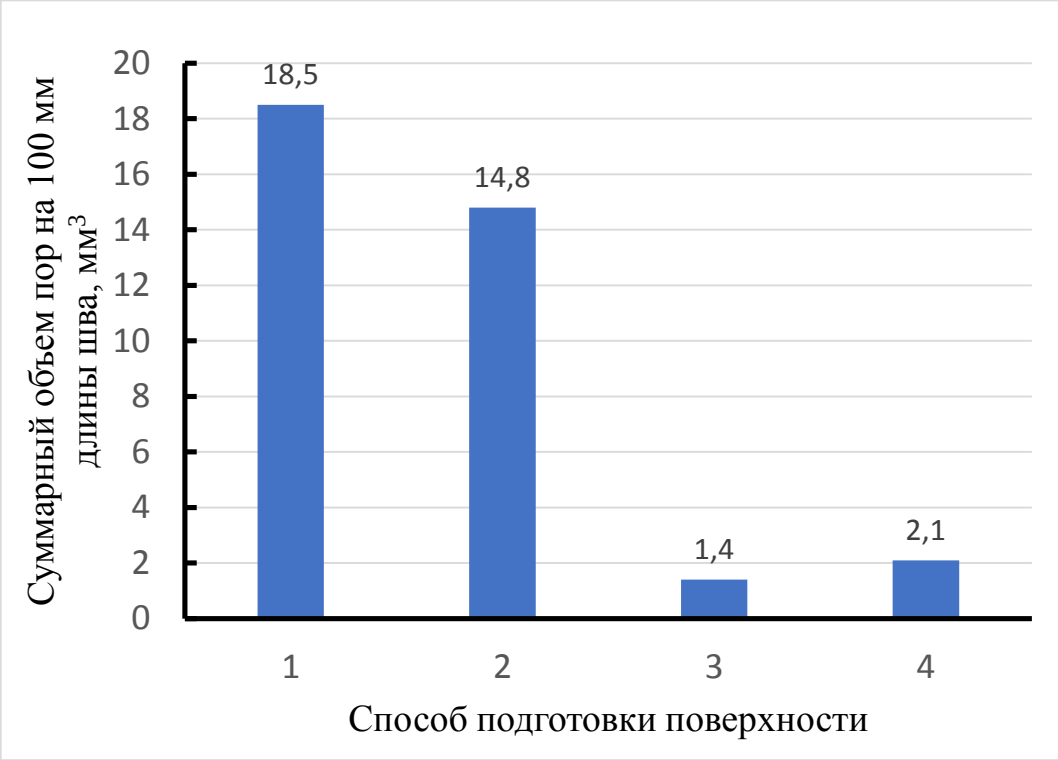
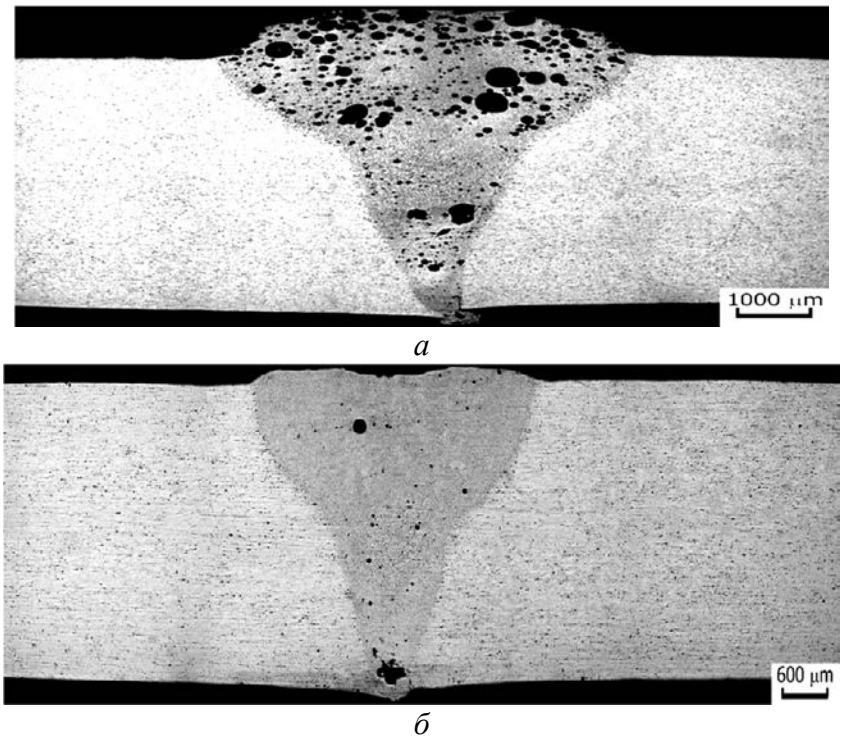


Рис. 4. Влияние способа подготовки поверхности пластин сплава 1565чМ под сварку на пористость сварных швов:
1 – без подготовки; 2 – механическая зачистка щеткой; 3 – травление в щелочи NaOH с осветлением в 30%-ном растворе HNO_3; 4 – лазерная очистка поверхности

Можно отметить, что для снижения суммарного объема пор в металле шва рационально применение лазерной очистки поверхности свариваемых кромок сплава 1565чМ перед плазменной сваркой.



а

б

Рис. 5. Макроструктура сварных соединений листов сплава 1565чМ, выполненных плазменной сваркой с присадочной проволокой Св1575: а – без подготовки поверхности листов; б – лазерная очистка поверхности

Список литературы

1. Шиганов, И. Н. Подготовка алюминиевых сплавов под сварку лазерной очисткой / И. Н. Шиганов, М. Ю. Курилов. – (Специальные виды технологий). – Текст: непосредственный // Технология машиностроения. – 2015. – № 10. – С. 48-50.

Клочков Я.М.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
gluhihyak@gmail.com
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ НА МИКРОСТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЛАВА AL–CA–ZN–MG

Аннотация. Исследовано влияние режимов СТП на микроструктуру и механические свойства термически неупрочняемого алюминиевого сплава Al–Ca–Zn–Mg. Результаты пока-

зали, что СТП обеспечивает измельчение эвтектических фаз (Al, Zn)$_4$Ca с 5 мкм до менее 1 мкм в зоне перемешивания, формирование мелкозернистой структуры (средний размер зерен ≈1 мкм) и равномерное распределение дисперсных включений (менее 100 нм), стабилизирующих границы зерен. Временное сопротивление сварных соединений (330 МПа) соответствовало прочности основного металла, однако относительное удлинение снизилось с 8% до 4,5% из-за наклепа в зоне термомеханического влияния. Установлено, что СТП исключает образование горячих трещин и пор, характерных для традиционных методов сварки, сохраняя твердость на уровне 110–117 HV. Полученные данные подтверждают перспективность применения сплава Al–Ca–Zn–Mg в авиационных и транспортных конструкциях, где критически важны легкость и коррозионная стойкость. Для улучшения пластичности рекомендована оптимизация режимов сварки и изучение влияния легирующих добавок (Sc, Zr).

Ключевые слова: сварка трением с перемешиванием, СТП, алюминиевый сплав Al–Ca–Zn–Mg, динамическая рекристаллизация, микроструктура, механические свойства.

Klochkov Ya.M.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
gluhihyak@gmail.com
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

INFLUENCE OF FRICTION STIR WELDING MODES ON THE MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE AL–CA–ZN–MG ALLOY

Abstact. The effect of STP modes on the microstructure and mechanical properties of thermally non-hardening aluminum alloy Al–Ca–Zn–Mg is investigated. The results showed that STP ensures the grinding of eutectic phases (Al, Zn)$_4$Ca from 5 μm to less than 1 μm in the mixing zone, the formation of a fine-grained structure (average grain size ≈1 μm) and uniform distribution of dispersed inclusions (less than 100 nm) that stabilize the grain boundaries. The temporary resistance of the welded joints (330 MPa) corresponded to the strength of the base metal, but the elongation decreased from 8% to 4.5% due to hardening in the thermomechanical influence zone. It has been established that STP excludes the formation of hot cracks and pores typical of traditional welding methods, maintaining the hardness at the level of 110–117 HV. The data obtained confirm the prospects for the use of the Al–Ca–Zn–Mg alloy in aircraft and transport structures, where lightness and corrosion resistance are critical. To improve ductility, it is recommended to optimize welding modes and study the effect of alloying additives (Sc, Zr).

Keywords: friction stir welding, STP, Al–Ca–Zn–Mg aluminum alloy, dynamic recrystallization, microstructure, mechanical properties.

Алюминиевые сплавы, благодаря сочетанию высокой удельной прочности, коррозионной стойкости и технологичности, широко применяются в авиационной и транспортной промышленности.

В последние годы значительный интерес вызывают сплавы системы Al–Ca–Zn–Mg, легированные кальцием. Кальций, являясь эвтектикообразующим элементом, способствует формированию интерметаллидной фазы (Al,Zn)$_4$Ca, которая улучшает деформационную способность материала. Однако свариваемость таких сплавов остается малоизученной, особенно в контексте современных методов, таких как сварка трением с перемешиванием (СТП).

Целью данной работы является исследование влияния основных параметров режимов СТП на микроструктуру и механические свойства нового алюминиевого сплава Al–Ca–Zn–Mg.

Основным материалом исследования послужил новый алюминиевый сплав системы Al-Ca-Zn-Mg с химическим составом, представленным в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав сплава, масс. %

Система легирования сплава	Zn	Mg	Ca	Mn	Fe
Al–5Zn–1,3Mg–1Ca	5,10±0,1	1,42±0,03	0,70±0,02	0,10±0,03	0,30±0,03

После литья слитки подвергались горячей прокатке без предварительного гомогенизационного отжига. Прокатка осуществлялась на двухвалковом стане при температуре 450°C с обжатием 10% за проход. Исходная толщина слитков (20 мм) была уменьшена до 5 мм, что соответствует общей степени деформации 50%.

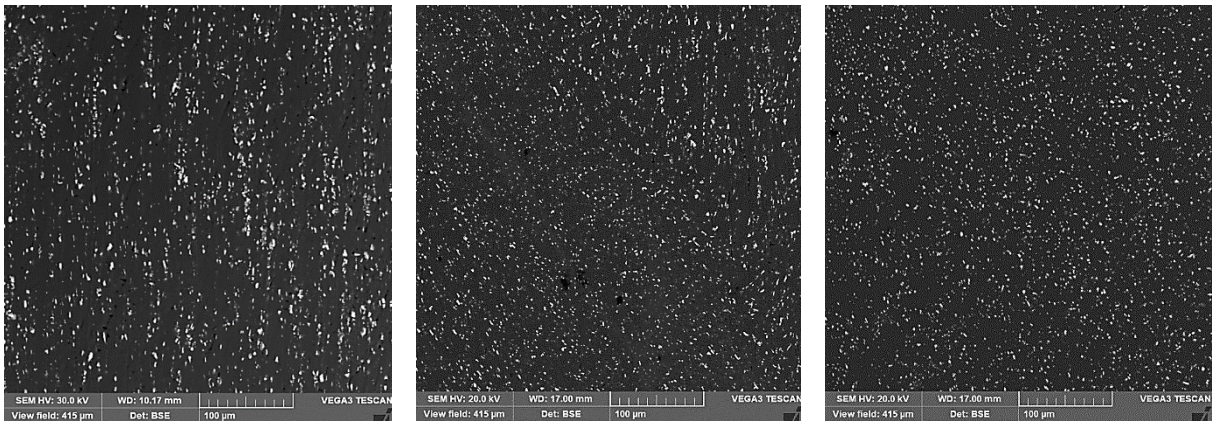
Сварку трением с перемешиванием стыковых соединений выполняли на специализированном стенде. Перед сваркой торцевые поверхности заготовок зачищали механической металлической щеткой. Режимы сварки включали: частоту вращения инструмента 800 об/мин, скорость перемещения 80–150 мм/мин, угол наклона инструмента 2,5°, усилие прижима 8,4–9,2 кН. Инструмент изготавливался из карбида вольфрама и состоял из заплечика диаметром 22 мм и стержня в виде усеченного конуса (диаметр на рабочем торце – 4 мм) с резьбовой накаткой.

Микроструктуру сплава Al-Ca-Zn-Mg исследовали с использованием сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на микроскопе TESCAN VEGA 3, оснащенном системой микрорентгеноспектрального анализа (МРСА).

Твердость измеряли на приборе Metkon Duroline MH-6 по методу Виккерса с нагрузкой 1000 кгс и выдержкой 5 секунд.

Механические испытания на растяжение выполняли на универсальной машине Zwick/Roell Z030 в соответствии с ГОСТ 6996-66. Образцы шириной 10 мм вырезали поперек шва для оценки прочности соединения. Испытания проводили при скорости нагружения 2 мм/мин, температуре 20±2°C и влажности 50±5%. Определяли временное сопротивление ($\sigma_в$), относительное удлинение (δ) и предел текучести ($\sigma_{0,2}$).

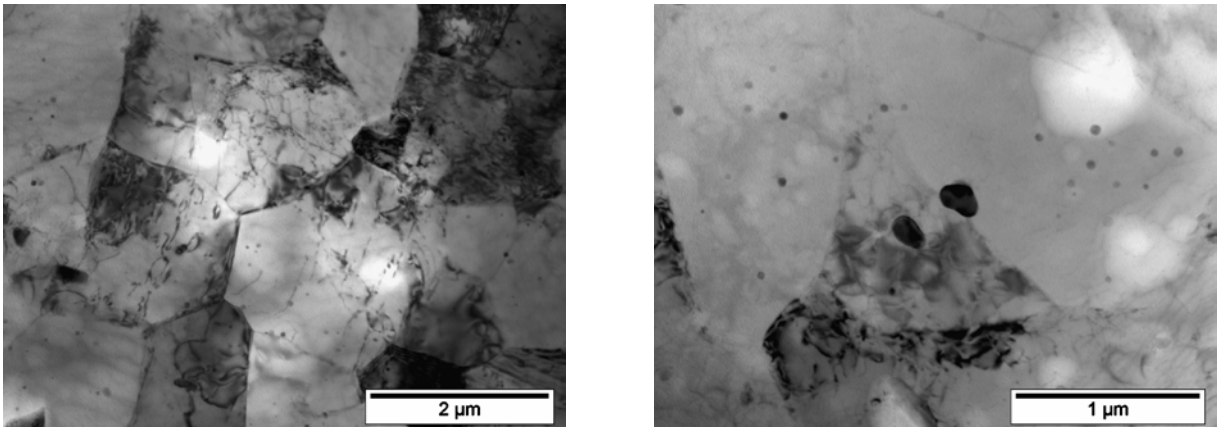
Проведенные эксперименты по сварке трением с перемешиванием сплава Al-Ca-Zn-Mg позволили получить следующие результаты. Микроструктурный анализ выявил значительное измельчение эвтектических фаз (Al, Zn)$_4$Ca в зоне перемешивания по сравнению с исходным материалом. В основном металле после горячей прокатки наблюдалась волокнистая структура с эвтектическими прожилками размером до 5 мкм (рис. 1, а), тогда как в сварном шве средний размер частиц сократился до менее 1 мкм (рис. 1, в). Распределение интерметаллидов стало более равномерным, а строчечная структура, характерная для прокатанного состояния, полностью исчезла.



а *б* *в*

Рис. 1. Микроструктура экспериментального сплава (а) после горячей прокатки, и переходной области между основным металлом и зоной термомеханического воздействия (б) и центральной части зоны перемешивания (сварного шва) (в)

Исследования методом просвечивающей электронной микроскопии подтвердили формирование мелкозернистой структуры в зоне перемешивания со средним размером зерен около 1 мкм (рис. 2, а). На границах зерен обнаружены дисперсные включения кальцийсодержащих фаз размером менее 100 нм (рис. 2, б), что свидетельствует об их роли в подавлении миграции границ.



а *б*

Рис. 2. ПЭМ изображения структуры шва (зоны перемешивания) сварного соединения: а – общий вид зеренной структуры; б – наличие дисперсных включений, обнаруживаемых также по границам зерен

Измерения твердости по Виккерсу показали, что в центре сварного шва значение HV достигает 117, что превышает твердость основного металла (110 HV). В зоне термомеханического влияния твердость плавно снижалась до уровня исходного материала, что подтверждает отсутствие выраженной зоны термического разупрочнения (рис. 3).

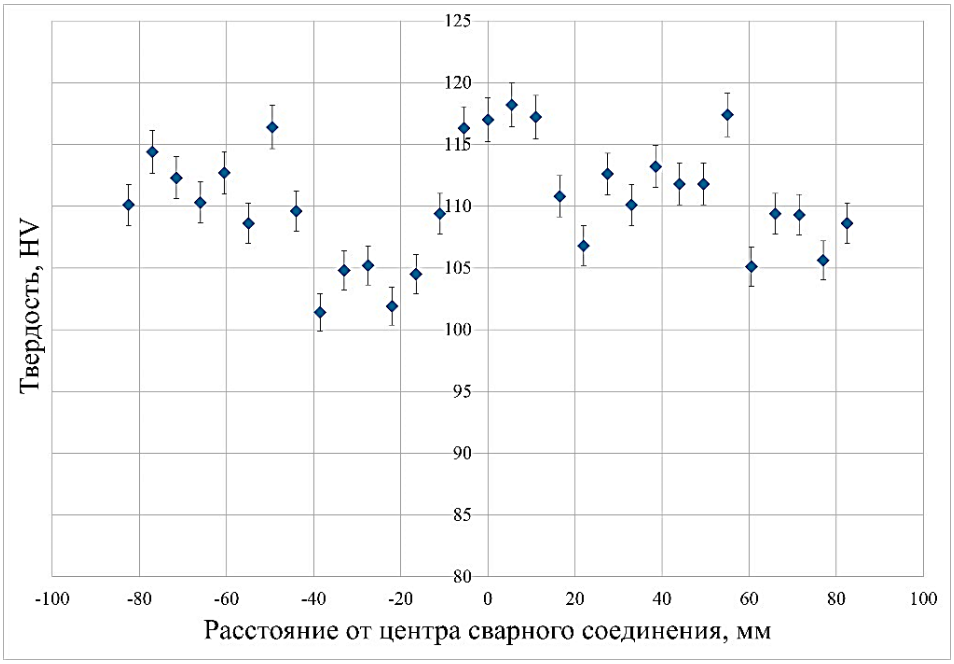


Рис. 3. Твердость по сечению в поперечном направлении полученного сварного образца

Механические испытания на растяжение продемонстрировали, что временное сопротивление сварных соединений ($\sigma_в \approx 330$ МПа) соответствует прочности основного металла, что указывает на коэффициент прочности, близкий к 1 (рис. 4). Однако относительное удлинение образцов со швом снизилось с 8% до 4,5% (рис. 4), что связано с наличием наклепанной структуры в зоне термомеханического влияния.

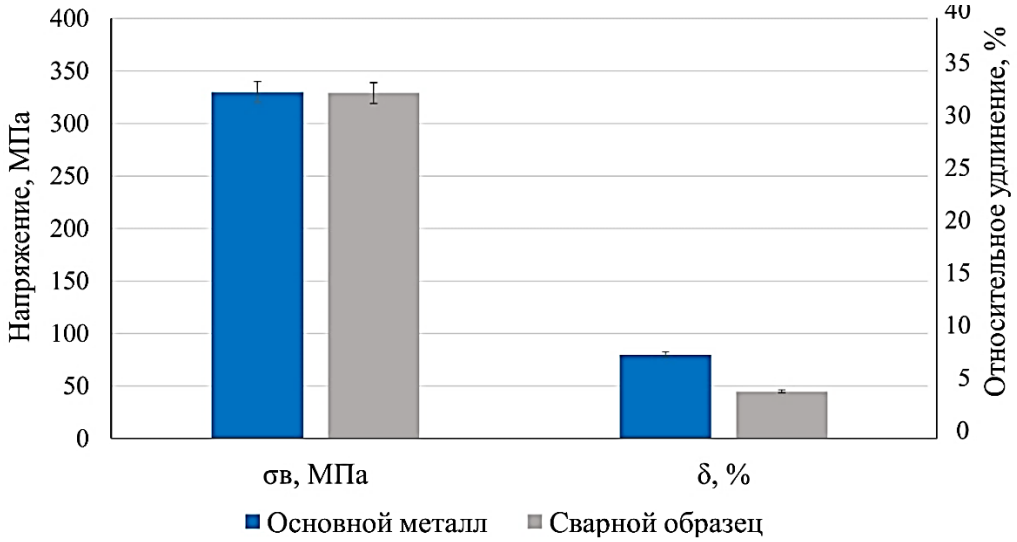


Рис. 4. Механические свойства, определенные по результатам испытаний на одноосное растяжение образцов основного металла без сварного соединения и со сварным соединение

Таким образом, СТП обеспечила формирование бездефектных соединений с сохранением прочностных характеристик, что подтверждает эффективность метода для термически не упрочняемых сплавов системы Al–Ca–Zn–Mg.

Проведенные исследования позволили установить ключевые закономерности влияния режимов сварки трением с перемешиванием на микроструктуру и механические свойства сплава Al-Ca-Zn-Mg. Основным результатом работы стало формирование сварных соединений, равнопрочных основному металлу (σв ≈ 330 МПа), что демонстрирует принципиальное отличие СТП от традиционных методов сварки, где термические напряжения и расплавление металла часто приводят к дефектам и снижению прочности.

Снижение относительного удлинения сварных образцов (с 8% до 4,5%) можно объяснить наличием зоны термомеханического влияния, где деформация привела к формированию наклепанной структуры без полной рекристаллизации. Однако даже при этом пластичность остается достаточной для эксплуатационных нагрузок, что подтверждает практическую применимость метода.

Полученные результаты согласуются с данными о свариваемости эвтектических сплавов, где равномерное распределение фаз играет ключевую роль в сохранении свойств. Однако в отличие от предыдущих работ, посвященных Al-Ca сплавам, в данном исследовании продемонстрирована возможность достижения равнопрочности шва и основного металла без дополнительного легирования редкоземельными элементами.

Результаты работы расширяют понимание возможностей СТП для термически неупрочняемых сплавов и открывают пути для создания высоконадежных сварных конструкций в ответственных отраслях промышленности.

Исследования выполнены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Наукоемкие технологии в машиностроении» Московского политехнического университета.

Список литературы

1. T.K. Akopyan, N.A. Belov, N.V. Letyagin, T.A. Sviridova, S.O. Cherkasov. New quaternary eutectic Al-Cu-Ca-Si system for designing precipitation hardening alloys. Journal of Alloys and Compounds. 993 (2024):174695.

2. Глухих, Я. М. Технологически особенности сварки трением с перемешиванием пластин из сплава AlSi10Mg, полученных селективным лазерным плавлением / Я. М. Глухих // ЛУЧШАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ РАБОТА 2023: сборник статей VIII Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 20 сентября 2023 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2023. – С. 15-21.

Проценко Е.О.
аспирант,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
protsenkoevgenij@yandex.ru
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

СВАРКА ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ ЗАГОТОВОК СПЛАВА СИСТЕМЫ AL–CA–ZN–MG В ЛИТОМ И ДЕФОРМИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ

Аннотация. В статье рассмотрены особенности сварки трением с перемешиванием стыковых соединений заготовок нового алюминиевого сплава системы Al–Ca–Zn–Mg. Получены бездефектные стыковые соединения заготовок сплава системы Al–Ca–Zn–Mg в литом и горячекатанном состоянии сваркой трением с перемешиванием. Параметры режима СТП остаются неизменными при изменении положения литой и горячекатанной заготовки относительно направления вращения рабочего инструмента. Прочностные свойства соединений заготовок сплава системы Al–Ca–Zn–Mg в литом и горячекатанном состоянии при СТП определяются пределом прочности литой заготовки. При этом коэффициент прочности соединения составляет 0,99–1.

Ключевые слова: алюминиевый сплав системы Al–Ca–Zn–Mg, сварка трением с перемешиванием, литой материал, горячекатанный лист, предел прочности, прочность металла зоны перемешивания.

Protsenko E.O.
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
protsenkoevgenij@yandex.ru
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

FRICTION STIR WELDING OF AL–CA–ZN–MG ALLOY BLANKS IN CAST AND DEFORMED STATE

Abstact. The article discusses the features of friction welding with stirring of butt joints of blanks of a new aluminum alloy of the Al–Ca–Zn–Mg system. Defect-free butt joints of Al –Ca–Zn–Mg alloy blanks in cast and hot-rolled state by friction stir welding have been obtained. The parameters of the STP mode remain unchanged when changing the position of the cast and hot-rolled billets relative to the direction of rotation of the working tool. Al–Ca–Zn–Mg in cast and hot-rolled states at STP are determined by the tensile strength of the cast billet. At the same time, the strength coefficient of the connection is 0.99-1.

Keywords: aluminum alloy of the Al-Ca-Zn-Mg system, friction stir welding, cast material, hot-rolled sheet, tensile strength, metal strength of the mixing zone.

Сплав системы Al–Ca–Zn–Mg может быть использован для изготовления отливок. Сплав также подвергается деформированию в результате горячей прокатки и позволяет получать листовой полуфабрикат в диапазоне толщин 2–6 мм.

В рамках проводимых исследований были проведены эксперименты по сварке трением с перемешиванием заготовок из сплава системы Al–Ca–Zn–Mg в литом и деформированном состояниях.

Слитки размером 20х140х250 мм сплава Al–5Zn–1,3Mg–1Ca были выплавлены в печи сопротивления. Плавка производилась с использованием алюминия марки А7. Легирующие элементы Ca, Zn, Mg и Cu вводились в расплав в чистом виде в пакетах из алюминиевой фольги. А элементы Fe, Si, Mn в виде соответствующих лигатур: Al–10Fe, Al–12Si, Al–20Mn. Температура плавки была равной 850 °С. Разливка производилась в графитовые изложницы комнатной температуры.

Из полученных слитков механическим фрезерованием были изготовлены (из середины слитка по толщине) заготовки размером 5х240х130 мм.

После изготовления производилась горячая прокатка слитков без предварительного гомогенизационного отжига. Слитки сплава Al–5Zn–1,3Mg–1Ca прокатывались при температуре 450 °С с 10% обжатиями за проход. Прокатка осуществлялась на двухвалковом прокатном стане ДУО 260 с исходной толщины слитка h_0 = 20 мм до толщины листа h_1 = 5 мм с общей степенью деформации равной 50%.

Механические свойства заготовок сплава системы Al–Ca–Zn–Mg в литом и горячекатанном состоянии приведены в таблице 1.

Таблица 1

Механические свойства заготовок сплава системы Al–Ca–Zn–Mg в литом и горячекатанном состоянии

Состояние сплава	Временное сопротивление при растяжении σ_B, МПа	Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение δ, %
Отливка	219–240	176–182	1,71–3,22
После горячей прокатки	330–335	275–285	4,3–4,85

Сварку трением с перемешиванием стыковых соединений листов исследуемых сплавов осуществляли на опытном стенде для сварки листовых заготовок. Перед сваркой свариваемые кромки по торцевой поверхности и на расстоянии 15 мм от стыка зачищали механической металлической щеткой. СТП образцов осуществлялась на следующем режиме: частота вращения рабочего инструмента 800 об/мин, скорость сварки 85–115 мм/мин, угол наклона инструмента 2,5 градуса и усилие прижима рабочего инструмента к поверхности свариваемых заготовок 8,4–9,2 кН.

Стыкуемые кромки литой и деформированных заготовок перед сваркой подвергались фрезерованию с шероховатостью поверхности не более 16,5 мкм.

Для сварки трением с перемешиванием пластин исследуемого сплава толщиной 5 мм был использован рабочий инструмент с диаметром заплечика 22 мм и стержнем в виде усеченного конуса диаметром 5 мм на поверхности заплечика. Диаметр стержня на рабочем торце составлял 3 мм и имел на своей поверхности резьбовую накатку. Инструмент изготовлен из стали Р18.

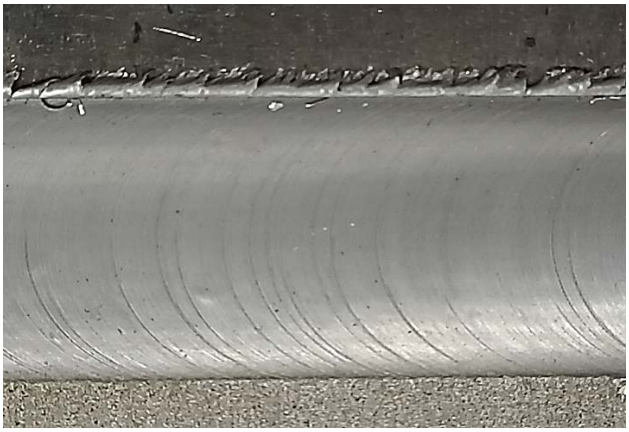
На рисунке 1 приведен внешний вид сварного образца и шва, полученного СТП при сочетании заготовок из сплава системы Al–Ca–Zn–Mg в литом и горячекатанном состоянии.

При СТП исследуемых заготовок был сформирован шов без наружных и внутренних дефектов. Следует обратить внимание на то, что при скорости сварки ниже 65 мм/мин в пределах зоны перемешивания наблюдается формирование протяженного несплавления.

В диапазоне значений скорости сварки 85–115 мм/мин наблюдается формирование качественных швов без наружных и внутренних дефектов. Дальнейшее увеличение скорости сварки сопровождается появлением в шве отдельных непротяженных несплавлений, которые возрастают в размере при увеличении скорости сварки от 120 мм/мин до 150 мм/мин.



а



б

Рис. 1. Внешний вид сварного образца (а) и лицевой стороны шва (б) заготовок из сплава системы Al–Ca–Zn–Mg в литом и горячекатанном состояниях

При формировании шва со стороны литой заготовки наблюдается образование грата небольшой высоты. Эксперименты также показали, что на формирование шва не оказывало существенного влияние расположение литой заготовки со стороны набегания или отхода рабочего инструмента. То есть изменение положения свариваемых заготовок не оказывало на параметры режима СТП.

Таким образом, для исследуемого сплава системы Al–Ca–Zn–Mg рациональным диапазоном скоростей сварки следует считать интервал 85–115 мм/мин. Режим 1 (частота вращения рабочего инструмента n = 800 об/мин при скорости сварки 85 мм/мин) является режимом сварки с высоким тепловложением с коэффициентом тепловложения К = 9,41. Режим 2 (частота вращения рабочего инструмента n = 800 об/мин при скорости сварки 115 мм/мин) является режимом сварки с низким тепловложением с коэффициентом тепловложения К = 6,95.

Макроструктура полученного сварного соединения сплава системы Al–Ca–Zn–Mg в литом и горячекатанном состояниях представлена на рисунке 2.

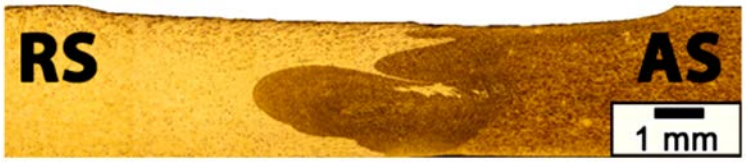


Рис. 2. Макроструктура соединения поперечном направлении литой заготовки с горячекатанной из сплава системы Al–Ca–Zn–Mg:
RS и AS – сторона отвода и сторона набегания рабочего инструмента, соответственно

Механические свойства исследуемых заготовок из сплава системы Al–Ca–Zn–Mg приведены в таблице 2.

Таблица 2

Механические свойства соединений сплава Al–Ca–Zn–Mg в сочетании литого и горячекатанного состояния, выполненных СТП

Положение литой заготовки относительно направления вращения инструмента	Предел прочности сварного соединения $\sigma_В$, МПа	Коэффициент прочности K_1 относительно литой заготовки	Коэффициент прочности K_2 относительно горячекатанной заготовки	Зона разрушения сварного соединения	Предел прочности металла шва $\sigma_В^{ш}$, МПа	Угол изгиба α, град.
Со стороны набегания	232–247 240	1	0,72	По зоне ТМВ со стороны литой заготовки	340–352 345	48–52 50
Со стороны отхода	228–245 235	0,98	0,71		340–352 345	42–48 46

В обоих вариантах расположения сварной заготовки относительно направления вращения рабочего инструмента достигаются примерно одинаковые значения прочности сварного соединения и угла его изгиба. Коэффициент прочности относительно литой заготовки составляет 0,99–1, а относительно горячекатанной – 0,71–0,72. Угол изгиба при этом находится на уровне 44–50°.

Также следует отметить, что по результатам испытаний сварных соединений сплава системы Al–Ca–Zn–Mg установлено, что данный сплав мало чувствителен к тепловложению в процессе сварки трением с перемешиванием.

Результаты более детального исследования механических свойств сварных соединений сплава системы Al–Ca–Zn–Mg в зависимости от параметров режима сварки трением с перемешиванием приведены в таблице 3.

Таблица 3

Механические свойства сварных соединений горячекатанных заготовок сплава системы Al–Ca–Zn–Mg, выполненные СТП на различных режимах

Режим СТП	Коэффициент тепловложения К	Температура нагрева в зоне перемешивания T, °С	Предел прочности сварного соединения $\sigma_В$, МПа	Предел прочности металла шва $\sigma_В^{ш}$, МПа	Угол изгиба α, град.
1	9,41	408–415	325	347	45
2	6,95	355–370	330	350	54

Из таблицы 3 видно, что на режиме 1 при СТП в зоне перемешивания достигается температура нагрева в диапазоне 408–415 °С. На указанном режиме предел прочности сварного соединения составил 325 МПа при разрушении образца по зоне термического влияния на расстоянии 3–5 мм от границы шва. Угол изгиба сварного соединения по металлу шва составил 45 градуса.

При СТП листов сплава системы Al–Ca–Zn–Mg на режиме 2 температура нагрева металла в зоне перемешивания составила 355–370 °С. На указанном режиме предел прочности сварного соединения составил 330 МПа при разрушении образца по зоне термического влияния на расстоянии 2–3 мм от границы шва. Угол изгиба сварного соединения по металлу шва составил 54 градуса.

Снижение температуры нагрева в зоне перемешивания способствует повышению предела прочности сварного соединения до 330 МПа, что привело к значению коэффициента прочности соединения К = 1.

Важно отметить, что предел прочности металла шва для обоих режимов СТП превышает прочность сварного соединения на 6–7%.

Из полученных результатов можно заключить, что для заготовок сплава системы Al–Ca–Zn–Mg наблюдается в условиях СТП формирование качественного сварного соединения с высоким уровнем свойств в достаточно широком диапазоне изменения параметров режима сварки.

Анализ твердости по профилю полученного сварного соединения не выявил существенных отличий для различных характерных зон, выделяемых при получении соединений методом СТП. В частности, как можно видеть из рисунка 3, в центре сварного соединения твердость несколько выше, чем в основном металле, при этом в направлении к основному металлу твердость незначительно снижается, а достигаемое значение мало отличается от такового для основного металла.

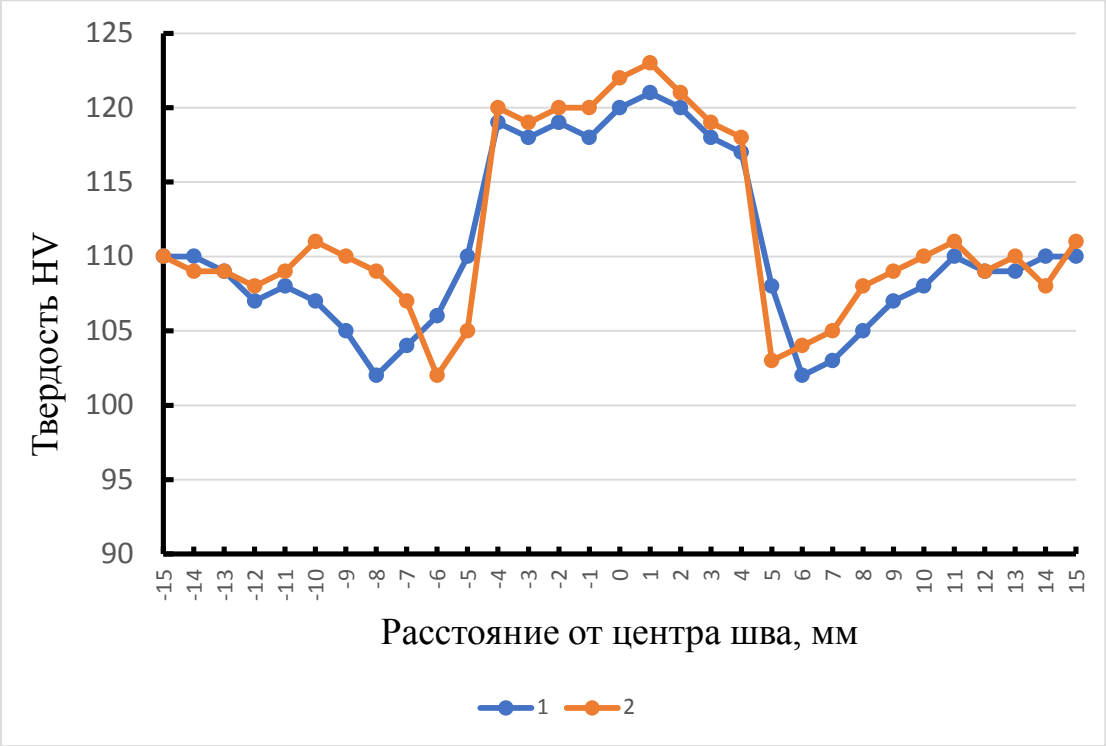


Рис. 3. Профиль распределения твердости в сварном соединении заготовок сплава системы Al–Ca–Zn–Mg, выполненных СТП на режиме 1 и 2

Таким образом, следует констатировать, что в отличие от результатов СТП, получаемых для термически упрочняемых сплавов, использованное данного метода сварки для нового эвтектического сплава не приводит к снижению твердости как в самом сварном соединении, так и в прилегающих зонах (термического и термомеханического влияния).

Исследования проведены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Наукоемкие технологии в машиностроении» Московского политехнического университета.

Список литературы

1. Овчинников В.В., Гуреева М.А., Рязанцев В.И. Металловедение сварки алюминиевых сплавов. – М.: МГИУ, 2013. – 281 с.

2. Третяк И.Г. Сварка трением с перемешиванием алюминиевых сплавов (обзор) // Автоматическая сварка. 2002. – № 7. –С.12-21.

3. Elangovan K. Influences of tool pin profile and tool shoulder diameter on the formation of friction stir processing zone in AA6061 aluminium alloy / K. Elangovan, V. Balasubramanian // Materials & Design. – 2008. – Vol. 29. – P. 362–373.

Растопчин Р.Н.
старший преподаватель кафедры «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
ruslanrast@mail.ru
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАРНОЙ ЦИСТЕРНЫ БЕНЗОВОЗА ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1565ЧМ

Аннотация. В данной статье представлены результаты разработки технологии изготовления сварной цистерны бензовоза из сплава 1565чМ. Применение сплава 1565чМ взамен сплава АМг5М за счет более высокой прочности позволяет уменьшить толщину стенки цистерны с 7 до 6 мм, что обеспечивает снижение массы цистерны на 530 кг. Отработана технология плазменной сварки полотнища для формирования обечайки цистерны методом гибки на валковом станке. Исследованы механические свойства сварных соединений листов сплава 1565чМ толщиной 6 мм, выполненные плазменной сваркой с полым анодом и частично механизированной сваркой плавящимся электродом в инертном газе.

Ключевые слова: сплав 1565чМ, лист, плазменная сварка с полым анодом, частично механизированная сварка плавящимся электродом в аргоне, механические свойства, полотнище, обечайка, цистерна бензовоза.

Rastopchin R.N.
Senior Lecturer, Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ruslanrast@mail.ru
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

TECHNOLOGICAL PROCESS OF MANUFACTURING A WELDED FUEL TANKER FROM ALUMINUM ALLOY 1565 HOURS

Abstact. This article presents the results of the development of a technology for manufacturing a welded fuel tanker from a 1565chM alloy. The use of alloy 1565chM instead of alloy AMg5M due to higher strength makes it possible to reduce the thickness of the tank wall from 7 to 6 mm, which reduces the weight of the tank by 530 kg. The mechanical properties of welded joints of 1565chM alloy sheets with a thickness of 6 mm, performed by plasma welding with a hollow anode and partially mechanized welding with a consumable electrode in an inert gas, are investigated.

Keywords: alloy 1565chM, sheet, plasma welding with a hollow anode, partially mechanized welding with a consumable electrode in argon, mechanical properties, sheet, shell, tank of a fuel truck.

Для перевозки светлых нефтепродуктов широко применяются автомобили бензовозы, оснащенные сварными цистернами из алюминиевого сплава АМг5 с толщиной стенки 7 мм. Для уменьшения массы цистерны в незаполненном состоянии возможно применение более прочного свариваемого алюминиевого сплава 1565чМ. Проведенные прочностные расчеты

показали, что в этом случае для изготовления сварной цистерны могут быть применены листы толщиной 6 мм.

Для изготовления опытной цистерны бензовоза из листа алюминиевого сплава 1565чМ толщиной 5 мм был разработан технологический процесс, который базируется на применении плазменной сварки с полым анодом для изготовления полотнища, из которого затем сворачивается обечайка цистерны бензовоза.

Технологический процесс изготовления цистерны бензовоза (рисунок 1) включает следующие основные операции.

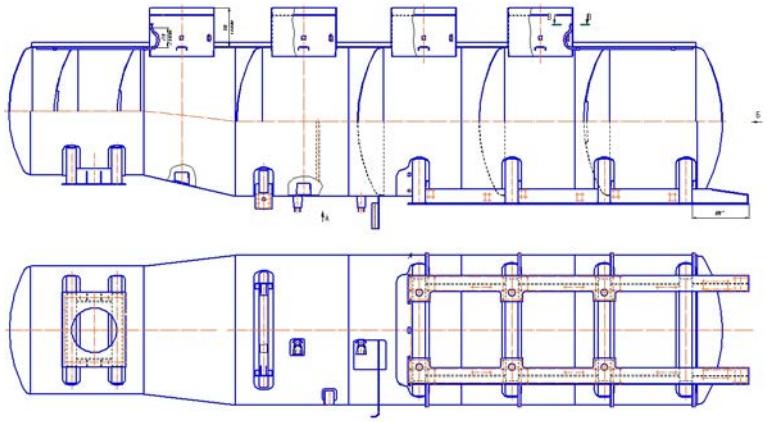


Рис. 1. Перспективная конструкция бензовоза из алюминиевого сплава 1565чМ

Плазменная сварка полотнища для получения обечайки цистерны.

Для получения полотнища необходимой ширины предусматривается сварка продольными швами стандартных листов из сплава 1565чМ шириной 1,5 м и длиной 3 м (рисунок 2).

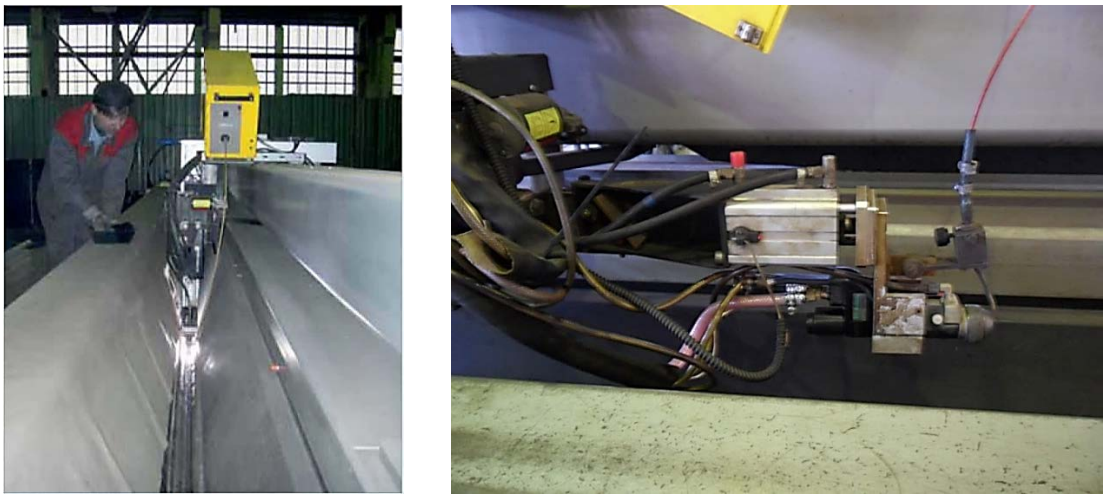


Рис. 2. Полотнище заготовки для обечайки с продольными швами из сплава 1565чМ

Сварку продольных швов полотнища выполняли автоматической плазменной сваркой с полым анодом с использованием присадочной проволоки марки Св1575. Процесс плазменной сварки продольных швов полотнища показан на рисунке 3.

Непосредственно перед сборкой стыкового соединения листов сплава 1565чМ к плазменной сварке осуществляется операция лазерной очистки свариваемых кромок от оксидной пленки. Для осуществления данного процесса применяется портативная установка LightWELD XC.

Лазерная очистка поверхности свариваемых кромок алюминиевых сплавов перед сваркой в сочетании с применением скальпированной присадочной проволоки позволила отказаться от химического травления основного и присадочного металла перед сваркой. В результате отпала необходимость в использовании для подготовки деталей и присадочной проволоки к сварке от экологически не безопасного гальванического производства и оборудования.



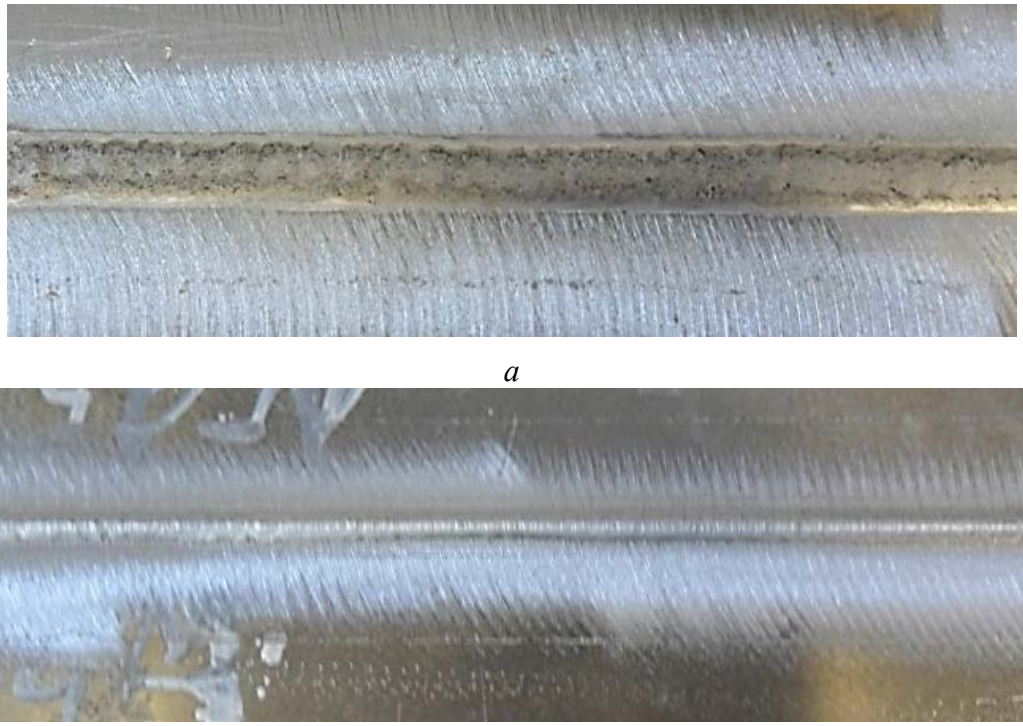
а *б*

Рис. 3. Плазменная сварка продольного шва полотнища (а) и плазмотрон для сварки с полым анодом (б)

Плазменную сварку с полым анодом листов сплава 1565чМ при изготовлении полотнища обечайки выполняли с принудительным формированием шва на профилированной подкладке из нержавеющей стали.

Сварные швы полотнища после сварки подвергались визуальному и неразрушающему ультразвуковому контролю по эхо-методу. Сварные швы, у которых были выявлены дефектные участки, подвергались подварке с применением частично механизированной сварки плавящимся электродом в аргоне.

Внешний вид швов с лицевой и корневой стороны стыкового соединения листов сплава 1565чМ толщиной 6 мм, выполненные плазменной сваркой с полым анодом с принудительным формированием шва, приведены на рисунке 4.



а

б

Рис. 4. Внешний вид шва листа сплава 1565чМ толщиной 6 мм с лицевой (а) и корневой (б) стороны при плазменной сварке на формирующей подкладке

Рациональные параметры режима плазменной сварки с полым анодом листов сплава 1565чМ при изготовлении полотнища цистерны приведены в таблице 1.

Таблица 1

Рекомендуемые параметры режима плазменной сварки листов сплава 1565чМ толщиной 6 мм

Параметры процесса плазменной сварки	Численное значение параметра
1. Ток основной дуги, А	200–220
2. Напряжение на дуге, В	13–15
3. Расход плазмообразующего газа (аргон),л/мин	16–18
4. Расход защитного газа через сопло (гелий), л/мин	11–12
5. Расход защитного газа на поддув корня шва (аргон) л/мин	3–4
6. Скорость сварки, м/ч	9–11
7. Род тока	Постоянный
8. Диаметр сварочной проволоки, мм	1,2–1,6
9. Диаметр вольфрамового электрода, мм	4
10. Скорость подачи присадочной проволоки, м/ч	90–95

Метод подготовки и очистки: лазерная зачистка и обезжиривание ацетоном на ширину не менее 20 мм от линии стыка. Требования к прихватке: прихватку не производить, установить заходную планку 100 мм и выходную – 50 мм, фиксация образцов пневмоприжимами установки.

В таблице 2 приведены механические свойства сварных соединений листов сплава 1565чМ толщиной 6 мм, выполненные плазменной сваркой с различными присадочными проволоками.

Таблица 2

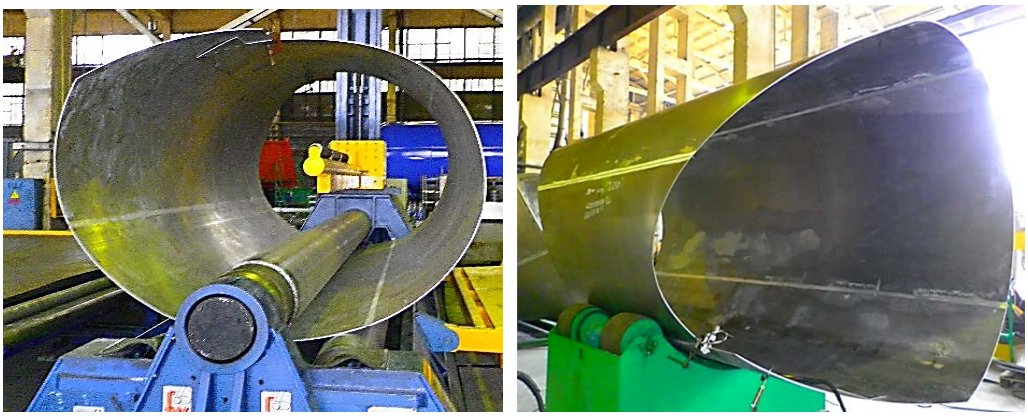
Влияние присадочной проволоки на механические свойства сварных соединений листов сплава 1565чМ, выполненных плазменной сваркой

Марка проволоки	Предел прочности $\sigma_в$, МПа		Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение δ, %	Угол изгиба α, град	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2	
	Сварное соединение	шов				По шву	По зоне сплавления
СвАМг5	342	295	125	17,8	180	16,7	18,1
СвАМг61	350	320	158	17,3	180	19,2	20,5
СвАМг63	352	325	171	16,5	180	19,2	19,7
Св1575	358	335	192	15,4	180	20,8	19,1

Гибка обечайки цистерны бензовоза (цементовоза) из сварного полотнища

После плазменной сварки продольных швов полотнища была выполнена зачистка заподлицо с основным металлом проплава сварного шва. После этого на гибочном станке (рисунок 5) была выполнена гибка обечайки.

После завершения операции гибки обечайки из сварного полотнища осуществляется сварка продольного стыкового шва частично механизированной дуговой сваркой плавящимся электродом в инертном газе (аргон). Механические свойства полученного сварного соединения в сравнении со свойствами соединений листов сплава 1565чМ приведены в таблице 3.



а *б*

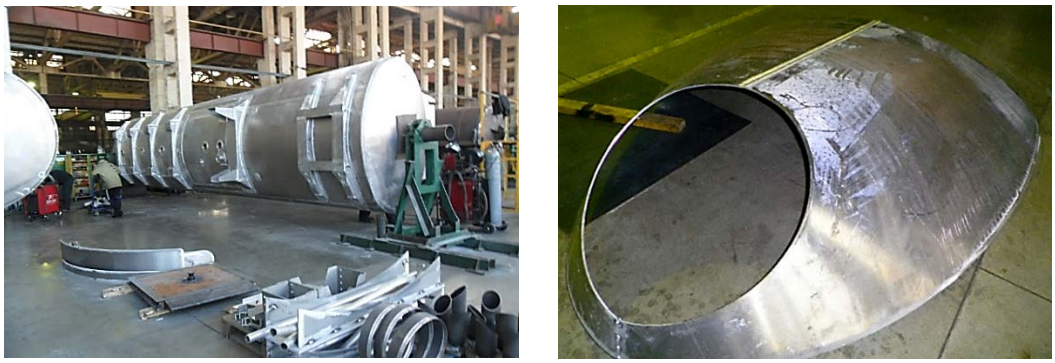
Рис. 5. Процесс гибки обечайки цементовоза из сварного полотнища (а) и обечайка после гибки (б)

Таблица 3

Механические свойства сварных соединений листов сплава 1565чМ толщиной 6 мм, выполненных с присадкой Св1575

Образец	Предел прочности сварного соединения $\sigma_В$, МПа	Предел прочности металла шва $\sigma_В^ш$, МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение δ, %	Угол изгиба α, град	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2	
						По шву	По зоне сплавления
1	358	335	192	15,4	180	20,8	19,1
2	345	318	165	13,7	165	20,1	18,4
Примечание: 1 – сварное соединение, плазменная сварка; 2 – сварное соединение, частично механизированная сварка плавящимся электродом в аргоне.							

На рисунке 6 показана обечайка цистерны бензовоза после сварки завершающего продольного шва (рисунок 6, а) обечайки и опорный узел цементовоза после сварки (рисунок 6, б).



а *б*

Рис. 6. Обечайка цистерны цементовоза после сварки завершающего продольного шва (а) и сварной опорный узел цементовоза (б)

Как правило, после сварки завершающего продольного шва обечайки бензовоза и цементовоза для обеспечения необходимой формы и размеров за счет устранения сварочных деформаций конструкции обечайки подвергаются калибровке на станке для гибки.

Затем с помощью частично механизированной сварки плавящимся электродом в аргоне и ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом проводятся монтажные работы по установке внутри обечаек усиливающих поперечных элементов и приварки ложементов корпуса и крепежных узлов.

По завершении всех сборочных и контрольных операций были получены опытные цистерны бензовоза и цементовоза из листов алюминиевого сплава 1565чМ толщиной 6 мм (рисунок 7).



а



б

Рис. 7. Сварные цистерны бензовоза (а) и цементовоза (б) из листов сплава 1565чМ после сборки без покраски

В результате взвешивания полученных экспериментальных образцов цистерн установлено, что цистерна бензовоза имела массу на 530 кг меньше серийной. Для цементовоза уменьшение массы цистерны составило 350 кг.

Исследования выполнены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Наукоемкие технологии в машиностроении» Московского политехнического университета.

Список литературы

1. Овчинников В.В., Растопчин Р.Н. Плазменная сварка высокопрочных алюминиевых сплавов. // Наукоемкие технологии в машиностроении. 2020. – №7. – С.3–11.

2. Дриц А.М., Овчинников В.В., Растопчин Р.Н. Исследование свойств сварных соединений сплава 1565ч применительно к изготовления сварных цистерн. // Цветные металлы – 2012. – №12. – С.85– 89.

3. Алюминиево-магниевый сплав 1565ч для криогенного применения / А. С. Орыщенко, Е. П. Осокин, Н. Н. Барахтина и др. // Цветные металлы. – 2012. – № 11. – С. 84–89.

Смирнов С.В.
к.т.н., доцент кафедры «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
smirnovsvj@gmail.com
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЯ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ ДВУХСТОРОННЕГО КРЕПЕЖА ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Аннотация. В статье описывается технология контактной точечной сварки деталей двухстороннего игольчатого крепежа деталей из волокнистых органических композиционных материалов в конструкции летательных аппаратов. Проанализированы два варианта изготовления указанных соединений: с формированием единой литой зоны в пластине и иголке (вариант 1) и с формированием литой зоны, которая расположена только в пластине в форме кольца (вариант 2). Исходный режим сварки устанавливали для сварки листов, толщина которых равна толщине пластины. В соединениях двухстороннего крепежа, выполненных по варианту 2, между иголкой и пластиной возможно образование неразъемного соединения за счет диффузионного сращивания металла свариваемых деталей. Соединения, выполненные по варианту 1, отличаются кристаллической связью между металлом иголки и пластины, что гарантирует достижение заданных механических свойств соединения в целом.

Ключевые слова: пластина, иголка, титановый сплав, контактная сварка, литая зона.

Smirnov S.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
smirnovsvj@gmail.com
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

RESISTANCE WELDING TECHNOLOGY FOR DOUBLE-SIDED FASTENERS MADE OF TITANIUM ALLOYS

Abstact. The article describes the technology of contact spot welding of parts of double-sided needle fasteners of parts made of fibrous organic composite materials in the design of aircraft. Two options for manufacturing these connections are analyzed: with the formation of a single cast zone in the plate and needle (option 1) and with the formation of a cast zone, which is located only in a plate in the form of a ring (version 2). The initial welding mode was set for welding plates, the thickness of which is equal to the thickness of the plate. In double-sided fastener joints made according to option 2, it is possible to form a permanent connection between the needle and the plate due to diffusion splicing of the metal of the welded parts. The joints made according to option 1 are distinguished by a crystalline bond between the metal of the needle and the plate, which guarantees the achievement of the specified mechanical properties of the joint as a whole.

Keywords: plate, needle, titanium alloy, resistance welding, cast zone.

Целью данных исследований, результаты которых описываются в данной статье, являлась подготовка технологического предложения по получению неразъемного соединения между стержнем (иголкой) и пластиной методом контактной сварки при изготовлении узлов двухстороннего крепежа деталей фюзеляжа летательного аппарата из композиционных материалов.

При изготовлении таких узлов могут быть применены два варианта формирования соединения (рис. 1). Вариант 1 (рис. 1, *а*) предполагает формирование единой литой зоны в пластине и иголке. Вариант 2 (рис. 1, *б*) предполагает формирование литой зоны, которая расположена только в пластине в форме кольца [1].

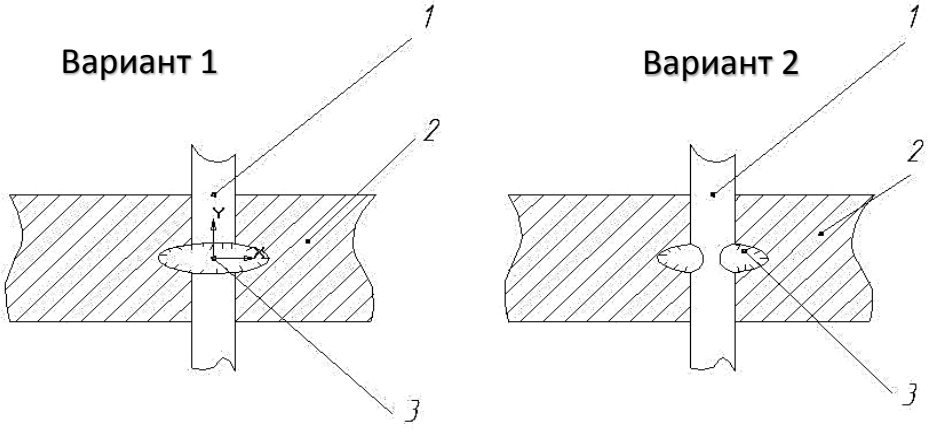


Рис. 1. Схема формирования соединения с общей литой зоной в иголке и пластине (а) и с кольцевой литой зоной в пластине (б):
1– иголка; 2 – пластина; 3 – сварная точка (литая зона)

Исходный режим сварки устанавливали в соответствии с ПИ.1.4.853-81 для сварки листов, толщина которых равна толщине пластины. При толщине пластины 3 мм исходный режим выбирали для сварки листов (1,5 +1,5) мм. Соответственно диаметр ядра выбирали не менее 6 мм.

При переходе от сварки двух листов к формированию литого ядра в сплошной пластине с иголкой (рис. 1) форма и размер зоны расплавления зависят от выбранных значений параметров режима.

Эксперименты показали, что, если режим сварки, подобранный для сварки титана при сварке двух листов, без корректировки применять для формирования соединения пластины и иголки, то образуется литая зона по варианту 2, т.е. кольцевой формы с расположением ядра в теле пластины.

При увеличении сварочного тока на 20…30% или совместном увеличении сварочного тока и длительности его протекания соответственно на 10…15%, литое ядро приобретает традиционную форму по варианту 1, т.е. захватывает пластину и тело иголки.

Исследование особенностей формирования соединений иголки с пластиной проводили на образцах, представленных на рис. 2.

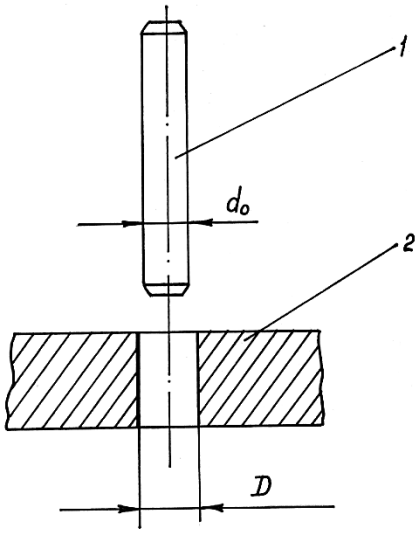


Рис. 2. Образцы для проведения исследований:
1 – иголка (проволока ВТ16); 2 – пластина (лист ВТ6С ОСТ 1.90218–76)

Соединения выполнялись по схеме [2], представленной на рис. 3. Электроды контактной машины были выполнены из бронзы БрНБТ.

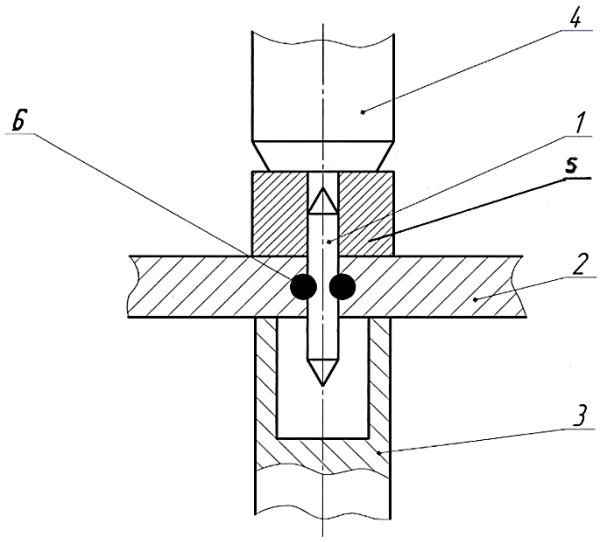


Рис. 3. Схема сварки образцов двухстороннего крепежа:
1– иголка; 2 – пластина; 3 – нижний электрод; 4 – верхний электрод;
5 – промежуточный электрод; 6 – литое ядро

Образцы сваривались на следующем режиме:

- тип сварочной машины……..МТ-2103
- ступень сварочного трансформатора……..6
- коэффициент трансформации…….51
- сила сварочного тока, кА……..……10,8
- длительность импульса сварочного тока, с……..….0,24
- давление сжатого воздуха в пневмоприводе: P_1, ати ….3,0
  P_2, ати …..1,0

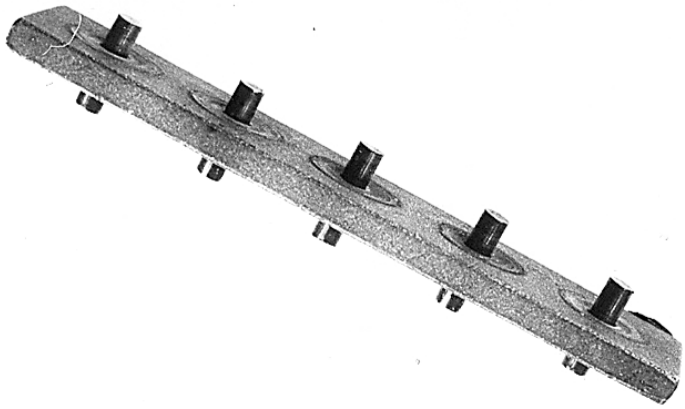
Изменение сварочного тока при сварке образцов из титановых сплавов представлено в таблице.

Таблица

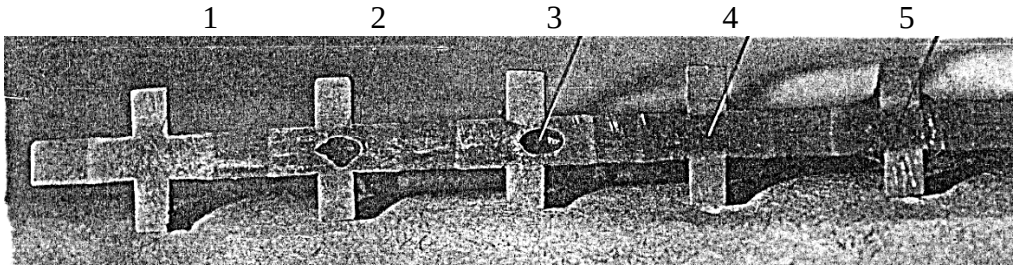
Режимы сварки образцов

Номер шлифа	1	2	3	4	5
Сварочный ток, % от I_{max}	95	80	85	80	70

Внешний вид полученного сварного образца представлен на рис. 4. На рис. 4, б представлены шлифы сварных образцов из сплавов ВТ6С и ВТ16, полученных по варианту 1.



а



б

Рис. 4. Внешний вид сварочного образца двухстороннего игольчатого крепежа из титановых сплавов (а) и макроструктура сварных образцов из титановых сплавов (б), полученных на режимах по табл. 1

Особенностью макроструктуры образцов является увеличенный зазор (0,2 мм на сторону) между иголкой и пластиной это послужило причиной образования выплеска на шлифах 2 и 3.

Сварные соединения иголки с пластиной, выполненные по варианту 2, имеют признаки диффузионного сращивания между пластиной и иголкой в зоне шейки. На рис. 5, *а* представлена макроструктура сварного соединения иголки с пластиной и зоны, где исследовалась микроструктура сварного соединения. При металлографических исследованиях сварного соединения на отдельных участках обнаружено несплавление (рис. 5, *в*).

Анализ микроструктуры зоны 4 (рис. 5, *г*) показывает, что в процессе сварки под действием нагрева и приложенных усилий развивается диффузионное сращивание иголки с пластиной. Наличие зоны диффузионного сращивания можно также объяснить наличием у титановых сплавов соответствующих значений коэффициента объемного расширения металла при фазовом переходе из жидкого состояния в твердое.

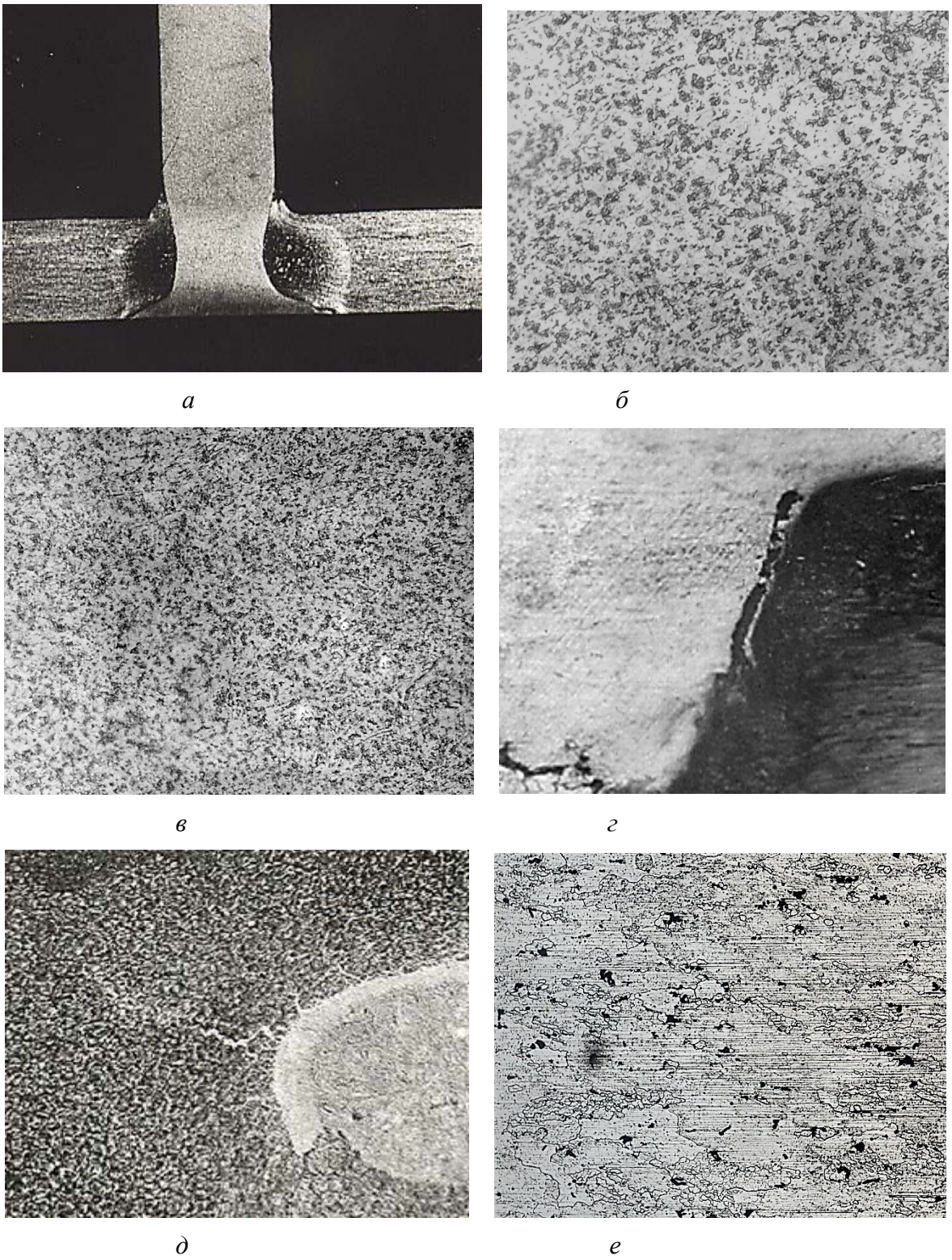


Рис. 5. Макроструктура (а) сварного соединения иголки с пластиной, выполненного по варианту 2 и расположение зон, где исследовалась микроструктура:
1 – микроструктура (б) основного металла пластины из материала ВТ6С (х317);
2 – микроструктура (в) основного металла иголки из сплава ВТ16 (х317);
3 – микроструктура (г) зоны 3 – несплавление (х317); 4 – микроструктура (д) зоны 4 (х317);
5 – микроструктура (е) зоны 5 (х317)

Анализ микроструктуры зоны 4 (рис. 5, *г*) показывает, что в процессе сварки под действием нагрева и приложенных усилий развивается диффузионное сращивание иголки с пластиной. Наличие зоны диффузионного сращивания можно также объяснить наличием у ти-

тановых сплавов соответствующих значений коэффициента объемного расширения металла при фазовом переходе из жидкого состояния в твердое.

Таким образом, полученные экспериментальные результаты показали возможность выполнения методом контактной сварки неразъемного соединения иголки с пластиной при изготовлении двухстороннего крепежа в двух вариантах: с расплавлением ядра в пластине и иголке (вариант 1) или только в пластине (вариант 2).

Показано, что оптимальным режимом сварки заклепки с пластиной является следующий: сварочный ток 9,0…9,2 кА; длительность протекания сварочного тока 0,32…0,35 с; усилие сжатия электродов 4,4…4,9 кН.

Установлено, что методом контактной сварки может быть выполнено неразъемное соединение иголки с пластиной в двух вариантах: с расплавлением ядра в пластине и в иголке (вариант 1) или только в пластине (вариант 2).

В соединениях двухстороннего крепежа, выполненных по варианту 2, между иголкой и пластиной возможно образование неразъемного соединения за счет диффузионного сращивания металла свариваемых деталей. Соединения, выполненные по варианту 1, отличаются кристаллической связью между металлом иголки и пластины, что гарантирует достижение заданных механических свойств соединения в целом.

Для получения качественных сварных соединений иголки с пластиной в узлах двухстороннего игольчатого крепежа из титановых сплавов оптимальны режимы, имеющие большую длительность импульса при меньшей силе сварочного тока, т.е. более «мягкие» по сравнению с режимами сварки, применяемыми при сварке пакета листов с суммарной толщиной, равной толщине пластины.

Результаты получены в процессе выполнения проекта по государственному заданию FZRR-2023-0005 «Разработка основополагающих технологических принципов применения концентрированных потоков энергии для получения новых импортозамещающих композиционных материалов специального назначения на основе систем несмешивающихся компонентов».

Исследования выполнены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Наукоемкие технологии в машиностроении» Московского политехнического университета.

Список литературы

1. Овчинников В.В., Смирнов С.В., Гуреева М.А. Разработка технологии изготовления игольчатого крепежа для фиксации деталей из композиционных материалов в конструкциях летательных аппаратов. // Технология металлов. 2009 – №2.– С.40–45.

2. Патент РФ на изобретение №2352441. Приоритет 19.07.2007. Способ контактной точечной сварки стержня с пластиной. / Овчинников В.В., Алексеев В.В., Верденский В.Б., Лопаткин А.И., Смирнов С.В.

Чуликова Ж.Е.
старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения и системы автоматизированного производства», Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета, Россия, Коломна
matriza_janna@mail.ru
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение», Московский политехнический университет, Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ 08Х18Н10Т

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследований влияния термомеханической наследственности на физико-механические свойства стали 08Х18Н10Т, используемой при изготовлении печных змеевиков установок гидроочистки дизельного топлива. Анализ показал, что предварительно деформированные образцы склонны к изменению прочности, пластичности и ползучести материала. В ходе работы были выявлены особенности, определяющие поведение стали в условиях термомеханической обработки. Установлено, что применение различных циклов нагружения в сочетании с термическими режимами способствует значительному повышению механических характеристик. Термомеханическая наследственность также оказывает существенное влияние на микроструктуру стали, что, в свою очередь, определяет её эксплуатационные характеристики и гарантирует надежность и безопасность работы нефтеперерабатывающих установок.

Ключевые слова: аустенитная сталь 08Х18Н10Т, деформационная наследственность, пластическая деформация, кратковременная прочность, сопротивление длительному разрушению, жаропрочность, ползучесть.

Chulikova Zh.E.
Senior Lecturer at the Department of Mechanical Engineering Technology and Automated Production Systems Kolomna Institute (branch) Moscow Polytechnic University Russia, Kolomna
matriza_janna@mail.ru
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science Moscow Polytechnic University Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

INFLUENCE OF DEFORMATION HEREDITY ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF STEEL 08KH18N10T

Abstact. This article presents the results of studies of the influence of thermomechanical heredity on the physical and mechanical properties of 08X18H10T steel, used in the manufacture of furnace coils for diesel fuel hydrotreating plants. The analysis showed that pre-deformed samples are prone to changes in the strength, ductility and creep of the material. During the work, features were identified that determine the behavior of steel under thermomechanical treatment conditions. It has been established that the use of various loading cycles in combination with thermal conditions contributes to a significant increase in mechanical characteristics. Thermomechanical heredity also

has a significant impact on the microstructure of steel, which, in turn, determines its operational characteristics and guarantees the reliability and safety of oil refining plants.

Keywords: austenitic steel 08Kh18N10T, deformation heredity, plastic deformation, short-term strength, resistance to long-term fracture, heat resistance, creep.

При проектировании и выборе материалов для конструктивного оформления установок гидроочистки дизельного топлива особое внимание должно уделяться долговечности, поскольку агрессивные среды и высокие температурные нагрузки часто приводят к быстрому разрушению деталей. Выбор прочных, коррозионностойких сталей, способных работать в условиях длительных тепловых нагрузок, характерных для трубчатых змеевиков печей, напрямую влияет на надежность и безопасность нефтеперерабатывающих установок [1–4].

Задачей данного исследования является определение влияния термомеханической наследственности металлургического и машиностроительного производства на физико-механические свойства стали 08Х18Н10Т.

В виду того, что аустенитные стали менее восприимчивыми к фазово-структурным изменениям в закаленном состоянии, эксперименты проводились только на металле в состоянии поставки, из которого изготавливались образцы диаметром 5 мм.

В ходе экспериментов образцы, подверглись предварительным деформациям растяжения со скоростью 4 мм/мин на разрывной машине УММ-5 на 5 мм (ε = 0,1) и 10 мм (ε = 0,2) при 20 °С и на машине АИМА-5-2 на 9–10 мм (ε = 0,18-0,20) при 450 °С и 600 °С с переменной скоростью деформирования в интервале 2–5 мм/мин. После такого деформирования образцы контролировались на величину изменения диаметра по длине их рабочей части, а также общее удлинение образца.

Испытания на кратковременную прочность холоднодеформированного металла проводились в интервале температур 20…750 °С. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Механические свойства предварительно деформированной при 20 ºС стали 08Х18Н10Т

Температура испытаний $T_{исп}$, ºС	Предел прочности (временное сопротивление), $\sigma_в$, МПа	Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение δ, %	Относительное сужение ψ, %
Степень деформации ε = 0,1 (10%)				
20	691	470	38	73
450	458	344	15	65
550	410	333	14	64
650	370	278	12	70
750	270	237	13	70
Степень деформации ε = 0,2 (20%)				
20	711	550	26	68
450	500	373	6	64
550	448	330	4	63
650	379	326	7	57
750	254	228	10	71

В таблице 2 представлены результаты испытаний на сопротивление длительному разрушению холоднодеформированного металла и результаты анализа кривых ползучести первого порядка в логарифмических координатах, ранжированные по уровню температуры и напряжения.

Таблица 2

Результаты испытаний холоднодеформированного металла на сопротивление длительному разрушению

Степень деформации	Температура испытаний, ºС	Предел прочности на растяжение, МПа	Время, ч				Относительное удлинение, %		Относительное сужение после разрушения,%
			до разрушения	II периода [1]	начало II периода	продолжительность II периода	после разрушения	II периода	
ε	$T_{исп}$	$\sigma_р$	$\tau_к$	τ_{II}	τ_1	τ_2	$\delta_к$	δ_{II}	$\psi_к$
0,1	550	300	516	0,136	0,31	0,40	10,5	0,36	25,9
0,2	550	300	532	0,15	0,286	0,549	8,7	0,46	16,8
0,1	600	250	544	0,258	0,46	0,772	12.0	0,6	37,3
0,2	600	250	148	0,302	0,229	0,446	10,0	1,1	42,0
0,1	650	200	217	0,37	0,157	0,359	10,0	2,0	36,0
0,2	650	200	364	0,25	0,214	0,538	8,0	1,1	1,7
0,1	650	250	52	–	0,231	0,385	15,0	–	32,0
0,1	700	140	210	0,25	0,114	0,257	16,0	2,0	50,0
0,2	700	140	67	–	0,104	0,343	25,0	–	63,0
0,1	750	100	150	–	0,16	0,267	35,0	–	71,0
0,1	750	100	383	–	0,225	0,386	26,0	–	39,0
0,2	750	100	57	–	0,176	0,316	18,0	–	60,0
0,2	750	100	100	–	0,190	0,370	24,0	–	63,0

Результаты влияния холодной деформации на жаропрочность металла представлены на рис. 1. В процессе исследования определялось удлинение при ползучести под воздействием постоянной нагрузки в заданных условиях температуры, величина которого характеризует пластичность материала при длительном нагружении.

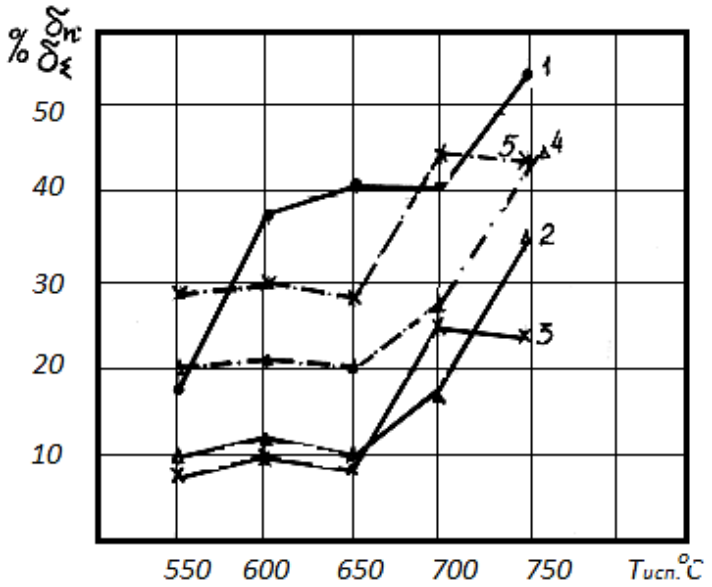


Рис. 1. Влияние холодной деформации на пластичность при ползучести: ● – ε = 0; Δ – ε = 0,1; x – ε = 0,2; 1, 2, 3 – удлинение ползучести $\delta_к$ ——; 4, 5 – суммарное удлинение δ_Σ --------

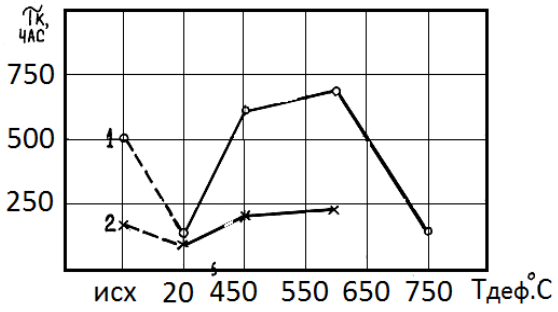
В таблице 3 приведены результаты кратковременных испытаний в интервале 20…750 °С образцов деформированных при 450 °С и 600 °С.

Таблица 3

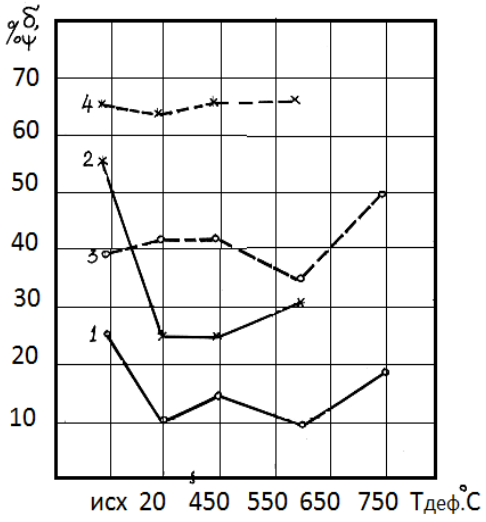
Результаты кратковременных испытаний образцов, деформированных со степенью деформации ε = 0,2 при 450 и 600 ºС

$T_{исп}$, ºС	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ, %	ψ, %
Температура предварительного деформирования $T_{деф}$ = 450 °С				
20	814	623	37	70
450	534	488	9	59
550	468	438	6	57
650	437	440	8	60
750	353	333	16	67
Температура предварительного деформирования $T_{деф}$ = 600 °С				
20	843	489	35	66
450	558	457	12	58
550	461	426	8	51
650	459	444	10	56
750	358	340	15	67

Влияние горячей деформации на характеристики жаропрочности стали 08Х18Н10Т при различных нагрузках (σ_i) представлено на рис. 2 а, б.



а



б

Рис. 2. Влияние температуры предварительного деформирования на свойства жаропрочности (относительное удлинение при длительных испытаниях): а – время до разрушения: 1. ○ – T = 600 ºС, σ_i = 250 МПа; 2. x – T = 750 ºС, σ_i = 100 МПа; б – пластические свойства: ------- ψ; ——— $\delta_к$; ○ – T = 600 ºС, σ_i = 250 МПа; x – T = 750 ºС, σ_i = 100 МПа

Полученные характеристики кратковременной прочности и пластичности (таблица 1) показывают, что с ростом степени предварительной холодной деформации растет предел прочности $\sigma_в$ и текучести $\sigma_{0,2}$ как при нормальной, так и повышенных температурах до 650 °С, выше которой эффект упрочнения резко снижается и при 750 °С эффект упрочнения практически незначителен.

Это можно объяснить изменениями в микроструктуре материала, которые происходят в результате деформации и термической нагрузки. Увеличение степени деформации способствует образованию дислокаций и других дефектов, что, в свою очередь, усиливает прочностные характеристики. Однако при температуре выше 650 °С наблюдается процесс рекристаллизации, что приводит к снижению уровня прочности.

Наибольшее влияние предварительная холодная деформация оказывает на пластичность, характеризуемую равномерным удлинением δ, которое с увеличением степени деформации снижается во всем исследованном интервале температур, достигая минимума δ = 5% в области 460…650 °С, что свидетельствует о высокой склонности металла к локализации деформации и препятствия движению дислокаций при последующем нагреве. Это подтверждается относительно постоянным значением сужения ψ на уровне исходного материала.

Результаты испытаний холоднодеформированного металла на сопротивление длительному разрушению (таблица 2) показывают, что в области температур до 750 °С имеет место снижение длительной прочности, а наработка до разрушения ($\tau_к$) при ползучести непропорциональна степени предварительной холодной деформации. При этом с повышением температуры выше 650 °С влияние холодной деформации снижается.

Влияние холодной деформации на пластичность при длительных испытаниях достаточно однозначно: уровень пластичности ($\tau_к$) снижается пропорционально величине предварительной деформации, при этом суммарные деформации удлинения до разрушения остаются примерно равномерными (рисунок 1, кривые 4, 5, 1), что указывает на наличие механизма компенсации, способствующего сохранению прочности при значительных уровнях деформации. Такой эффект может быть вызван изменением микроструктуры материала или образованием твердых межфазных выделений.

Таким образом, результаты экспериментов по кратковременному и длительному разрушению свидетельствует о том, что предварительная холодная деформация исследуемой аустенитной стали снижает жаропрочность металла, что особенно отрицательно отражается на длительной пластичности при растяжении.

Результаты получены в процессе выполнения проекта по государственному заданию FZRR-2023-0005 «Разработка основополагающих технологических принципов применения концентрированных потоков энергии для получения новых импортозамещающих композиционных материалов специального назначения на основе систем несмешивающихся компонентов».

Исследования выполнены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Наукоемкие технологии в машиностроении» Московского политехнического университета.

Список литературы

1. Байков И.Р., Смородова О.В., Сергеева К.В. Оценка обобщенных показателей промышленной безопасности технологических установок нефтеперерабатывающего завода. // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2016. №6. С.138–150.

2. Смородов Е.А., Деев В.Г., Исмаков Р.А. Методы экспресс-оценки качества фонда нефтедобывающих скважин//Известия ВУЗов. Нефть и газ. 2001. №1. С.40-44.

3. Михайлов Л.М. Актуальные проблемы развития нефтехимической отрасли России // Транспортное дело России. – 2011. – №8. – С. 123-125.

4. Чуликова Ж.Е., Овчинников В.В. Механизм изотермического старения сплава 18-8.// Фундаментальные основы механики. 2024. № 14. С. 122-125.

Киселев В.Е.
генеральный директор,
ИТЦ «ЛазерТех»,
Россия, Москва
v.kiselev@itclt.ru
Смирнов С.В.
к.т.н., доцент кафедры «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
smirnovsvj@gmail.com
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА НАХЛЕСТОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТОНКИХ ЛИСТОВ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Аннотация. Исследовано влияние основных параметров режима лазерной сварки нахлесточного соединения тонких листов алюминиевых сплавов. Такие нахлесточные соединения используются для получения навесных деталей кузова автомобиля. При этом в нахлесточном соединении присутствуют листы из сплавов 1565чМ и 6022 толщиной 1 мм. Сплав 6022 служит для получения панелей дверей и капотов автомобилей, а сплав 1565чМ – для изготовления усилителя капота и двери. При сварке необходимо обеспечить полное проплавление листа из сплава 1565чМ и на 25–30% толщины сплава 6022. Такое соотношение глубин проплавления обеспечивает режим сварки: мощность излучения 350 Вт, ширина осцилляции 1,5 мм, скорость сварки 600 мм/мин, тип излучения постоянное.

Ключевые слова: сплав 1565чМ, сплав 6022, лазерная сварка, нахлесточное соединение, глубина проплавления.

Kiselev V.E.
General Director
LaserTech R&D Center
Russia, Moscow
v.kiselev@itclt.ru
Smirnov S.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
smirnovsvj@gmail.com
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

LASER WELDING OF LAP JOINTS OF THIN SHEETS OF ALUMINUM ALLOYS

Abstact. The influence of the main parameters of the laser welding mode of lap joint of thin sheets of aluminum alloys is investigated. Such lap joints are used to obtain attachments to the car body. At the same time, the overlap joint contains sheets of 1565chM and 6022 alloys with a thickness of 1 mm. Alloy 6022 is used to produce panels of doors and hoods of cars, and alloy 1565chM is used to manufacture hood and door reinforcements. During welding, it is necessary to ensure

complete penetration of the sheet of alloy 1565chM and 25-30% of the thickness of alloy 6022. This ratio of penetration depths provides the welding mode: radiation power 350 W, oscillation width 1.5 mm, welding speed 600 mm/min, radiation type constant.

Keywords: alloy 1565chM, alloy 6022, laser welding, lap joint, penetration depth.

Кузов автомобиля является основным несущим элементом, который воспринимает нагрузку, которая передается от колес через элементы подвески. Кроме этого, на кузов действуют силы тяжести самого автомобиля, его двигателя, водителя и пассажиров, а также давление ветра. Кузов в процессе эксплуатации подвергается действию атмосферных осадков. Наряду с этим форма кузова, его поверхность и окраска должны отвечать современным эстетическим требованиям.

В последнее время существенно увеличивается объем алюминиевых сплавов, применяемых для изготовления навесных деталей кузова автомобиля. При этом сборка навесных деталей кузова, таких как крышка капота, двери и крышка багажника, осуществляется из двух конструктивных элементов: панель и усилителя. Панель формирует эстетический облик кузова и на нее наносится лакокрасочное покрытие. Усилитель обеспечивает жесткость конструкции в целом. Панель изготавливаются из сплавов типа 6022, а усилители из сплавов 5000 серии таких как 1565чМ. Сварку осуществляют со стороны усилителя и при этом проплав не должен выходить на поверхность панели.

Целью данной работы являлось исследование влияние основных параметров режима лазерной сварки на глубину проплавления листа сплава 6022 в пакете с листом сплав 1565чМ толщиной 1 мм.

Лазерная сварка осуществлялась без зачистки и подготовки контактирующих поверхностей свариваемых пластин. Сварка осуществлялась при защите зоны сварки потоком аргона при расходе 3–5 л/мин.

Регулирование глубины проплавления нижнего листа осуществлялось за счет изменения мощности лазерного излучения, его типа (постоянное, импульсное), а также изменения скорости перемещения пятна нагрева (сварочной головки) в направлении сварки.

Сварку выполняли без поддува со стороны нижнего листа на подкладке из меди М2 толщиной 3 мм.

Определение зависимости глубины проплавления листа сплава 6022 от параметров режима лазерной сварки выполняли на поперечных шлифах сварных соединений. Шлифы подвергали травлению в реактиве Келлера и исследовали с помощью оптического микроскопа Olympus GX-51.

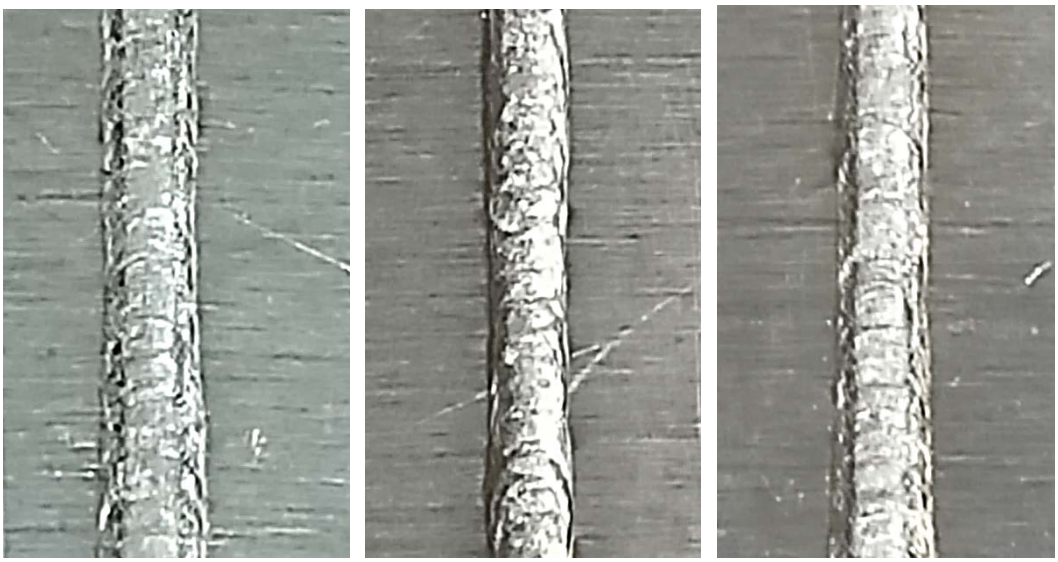
Параметры режима сварки образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры режима сварки опытных образцов нахлесточных соединений сплавов 1565чМ+6022

Номер режима	Мощность излучения, Вт	Тип излучения	Ширина осцилляции, мм	Скорость сварки, мм/мин
1	350	постоянное	1,5	600
2	650	постоянное	1,5	1500
3	350	постоянное	1,5	850

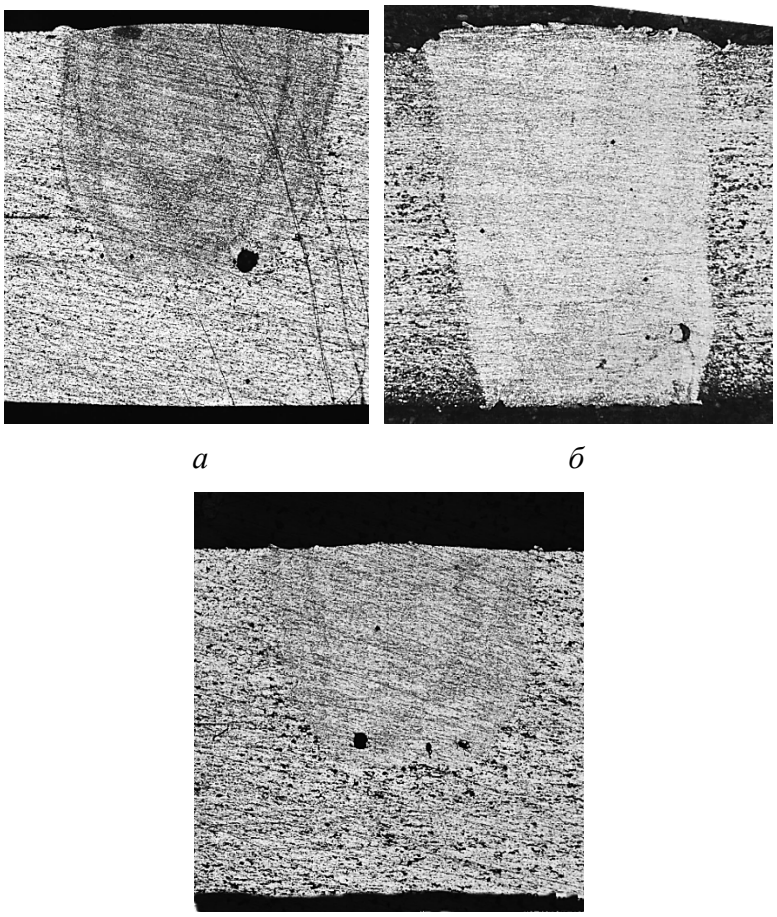
Внешний вид сварных швов исследуемых образцов с лицевой стороны шва показан на рисунке 1. Внешний осмотр сварных швов не выявил наличия дефектов в зоне плавления с лицевой стороны. Важно отметить, что при сварке на режимах 1 и 3 зона проплавления не вышла на нижнюю поверхность листа из сплава 6022.



а *б* *в*

Рис. 1. Внешний вид швов, выполненных на различных режимах лазерной сварки: а – режим 1; б – режим 2; в – режим 3

На рисунке 2 приведена макроструктура образцов нахлесточных соединений, выполненных на различных режимах.



а *б*

в

Рис. 2. Макроструктура нахлесточных сварных соединений сплавов 1565чМ+6022, выполненных лазерной сваркой на различных режимах: а – режим 1; б – режим 2; в – режим 3

Анализ макроструктуры, выполненных сварных соединений показывает, что режим 2 не применим для выполнения соединений навесных деталей кузова автомобиля, так как проплав выходит на нижнюю поверхность листа сплава 6022.

На режиме 1 лист сплава 6022 проплавляется на глубину 0,33–0,8 мм. Режим 3 обеспечивает проплавление нижнего листа из сплава 6022 на 0,18–0,23 мм.

На полученных макрошлифах была измерена твердость в различных зонах сварных соединениях при нагрузке 50 г (0,49 Н) по ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007. Схема расположения точек замера твердости в сварном соединении приведена на рисунке 3.

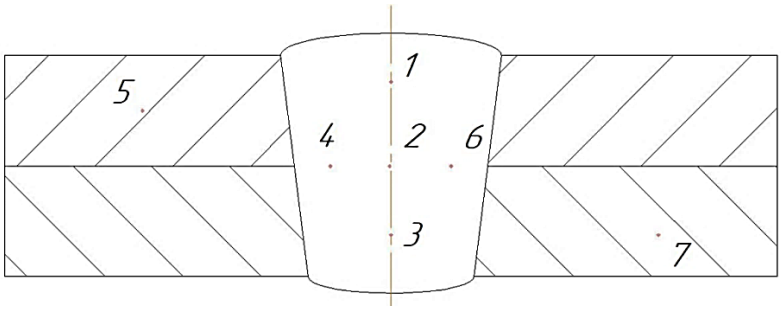


Рис. 3. Схема расположения точек замеров твердости HV в сварном соединении (нижний лист – сплав 6022)

Результаты замера твердости в сварном соединении в зависимости от режима сварки приведены в таблице 2.

Таблица 2

Значения твердости HV в различных зонах сварного соединения

Номер режима	Значение твердости HV						
	Точки замера твердости в сварном соединении в соответствии с рис.3						
	1	2	3	4	5	6	7
1	84,8	82,6	79	81	80,4	80	78,7
2	81,2	86,2	86,7	80,9	83,2	61	81,6
3	84,5	93,8	87,1	81,4	84,2	81,9	82,5

Из анализа данных таблицы 2 можно отметить, что для режима 3 отмечаются наиболее высокие значения твердости в сварном соединении пакета листов 1565чМ+6022.

На основе полученных экспериментальных данных можно заключить, что с точки зрения предотвращения проплавления нижнего листа сплава 6022 целесообразно применять для сварки нахлесточного соединения режимы 1 и 3.

Также следует заметить, что в корневой части соединений, выполненных на режимах 1 и 3 присутствует мелкая пористость. Поэтому целесообразно в дальнейшем рассмотреть вопрос о технологии подготовки деталей под лазерную сварку. Помимо указанного выше, необходимо провести механические испытания образцов сварных соединений на срез и отрыв.

Список литературы

1. Sanchez-Amaya, J. M., Delgado, T., Gonzalez-Rovira, L., and Botana, F. J. (2009b) Laser welding of aluminum alloys 5083 and 6082 under conductions regime, Appl Surf Sci, 2021, 255(23), 9512-9521.

2. El-Batahgy, A. and Kutsuna, M. (2009) Laser beam welding of AA5052, AA5083, and AA6061 aluminum alloys, ADVANCES M MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING, 2009 974182.

3. Григорьянц А.Г. , Шиганов И.Н. , Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006 – 660 с.

4. Шиганов И.Н., Шахов С.В., Лукин В.И., Йода Е.Н., Лоскутов В.М. Особенности лазерной сварки термоупрочненного алюминиевого сплава АД37 // Сварочное производство. 2003 № 12 – С. 34–39.

Кононыхин И.Ю.
аспирант,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
kononyhinilya@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ПРЕДНАГРЕВА ПЛАТФОРМЫ ПОСТРОЕНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ, НАПЕЧАТАННЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ SLM

Аннотация. Несмотря на относительно большой период развития SLM технологий, повсеместное использование напечатанных изделий в различных отраслях (от медицины до авиастроения), проведенных большого количества исследований, до сих пор не утихают споры среди технологов о целесообразности применения подогрева платформы построения во время печати. В теории, подогрев плиты построения снижает температурный градиент во время печати, что в свою очередь снижает напряжения, которые могут приводить к растрескиванию печатаемых изделий.

В первую очередь бросается тот факт, что практически все SLM машины, выпускаемые сейчас на рынке (от именитых EOS и SLM Solutions, до китайских Farsoon) имеют функцию подогрева плиты построения до 200°C. Однако, компания 3DSystems держится особняком, которая до сих пор, даже машины класса «Factory» с размерами камеры построения 500*500*500 мм, выпускает БЕЗ подогрева плиты. Можно было сказать, что решение 3DSystems не подаётся логике, оно не удачное и не соответствует «мейнстриму» мировых производителей SLM машин. Но есть одно «но», которое бросает тень на саму идею подогрева платформы построения – компания 3DSystems является самой крупной аддитивной компанией в мире с мировой долей рынка более 50%. В Европе и США уже давно используются целые SLM заводы оснащённые принтерами 3DSystems, которые в промышленных масштабах печатают изделия из таких капризных и склонных к трещинами материалов, как титан (марки TiAlV Grade 0, 1, 6 и 23), алюминий (от AlSi7 до AlSi12), Inconel 625 и 718, инструментальные и мартенситностареющие стали и даже ScamAlloy (сплав алюминий-скандий) БЕЗ подогрева платформы построения, что по мнению большинства технологов невозможно. Один этот факт, бросает тень на концепцию подогрева плиты.

Так нужна ли подогреваемая платформа построения, даёт ли она преимущества во время печати или это удачный маркетинговый ход ряда компаний, которые ввели в заблуждение целое поколение технологов? Разберём в статье.

Ключевые слова: SLM, подогрев платформы построения, селективное лазерное плавление (СЛП), CoCr, Кобальт-Хром.

Kononikhin I.Yu.
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
kononyhinilya@mail.ru

THE EFFECT OF PREHEATING THE CONSTRUCTION PLATFORM ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PRINTED PRODUCTS USING SLM TECHNOLOGY

Abstract. Despite the relatively long period of development of SLM technologies, the widespread use of printed products in various industries (from medicine to aircraft manufacturing), and a large number of studies, there is still a debate among technologists about the feasibility of using heating of the construction platform during printing. In theory, heating the build plate reduces the temperature gradient during printing, which in turn reduces stresses that can lead to cracking of printed products.

First of all, the fact that almost all SLM machines currently available on the market (from the famous EOS and SLM Solutions to the Chinese Farsoon) have the function of heating the build plate to 200oC is striking. However, 3DSystems has kept to itself, which still uses «Factory» class machines with camera dimensions. 500*500*500 mm, it releases WITHOUT heating the stove. One could say that the 3DSystems solution does not follow logic, it is not successful and does not correspond to the «mainstream» of global manufacturers of SLM machines. But there is one «but» that casts a shadow on the very idea of heating the construction platform – 3DSystems is the largest additive company in the world with a global market share of more than 50%. In Europe and the USA, entire SLM plants equipped with 3DSystems printers have long been used, which on an industrial scale print products from such capricious and crack-prone materials as titanium (grades TiAlV Grade 0, 1, 6 and 23), aluminum (from AlSi7 to AlSi12), Inconel 625 and 718, tool and martensitic aging steel and even ScamAlloy (aluminum-scandium alloy) WITHOUT heating the construction platform, which, according to most technologists, is impossible. This fact alone casts a shadow over the concept of stove heating.

So is a heated build platform needed, does it provide advantages during printing, or is it a successful marketing ploy by a number of companies that have misled an entire generation of technologists? Let's look at it in the article.

Keywords: SLM, heating of the construction platform, selective laser melting (SLP), CoCr, Cobalt-Chromium.

В технологии SLM есть ряд технологических сложностей: пористость, высокие остаточные напряжения, коробления и деформации печатаемых изделий и т.п.

Один из способов борьбы с рядом проблем долгое время являлся подогрев платформы построения, на которой происходит выращивание изделий. SLM процесс сопровождается многочисленным процессом плавления и кристаллизации образца, т.к. последующий слой наплавляется на предыдущий. Подогрев платформы построения должен снизить градиент температур и тем самым снизить напряжения. В серийных машинах устанавливается подогрев платформы до 200oC.

Однако, на протяжении нескольких лет на Западе выпускаются серийные принтеры, в которые не устанавливается подогрев платформы построения. Это наталкивает на мысль, что подогрев платформы необязателен и печать можно проводить без него.

В последнее время было опубликовано большое количество научных работ по теме преднагрева платформы построения в технологии SLM и его влияние. Небольшой их обзор приведён в текущем докладе

В одном из исследований институт Фраухофер сравнивал физико-механические свойства образцов AlSi10Mg, напечатанных по технологии SLM, с разными температурами предварительного нагрева платформы построения: 35°C и 220°C (рис. 1).

В случае с 200oC пористость была значительно выше, чем при 35oC, тем самым образцы продемонстрировали значительно меньшую усталостную прочность

А также на рисунке продемонстрирована твердость образцов AlSi10Mg с подогревом платформы построения 220oC и без подогрева.

Стоит отметить значительную разницу по твёрдости (HV) по всей длине образца, который печатался с подогревом.

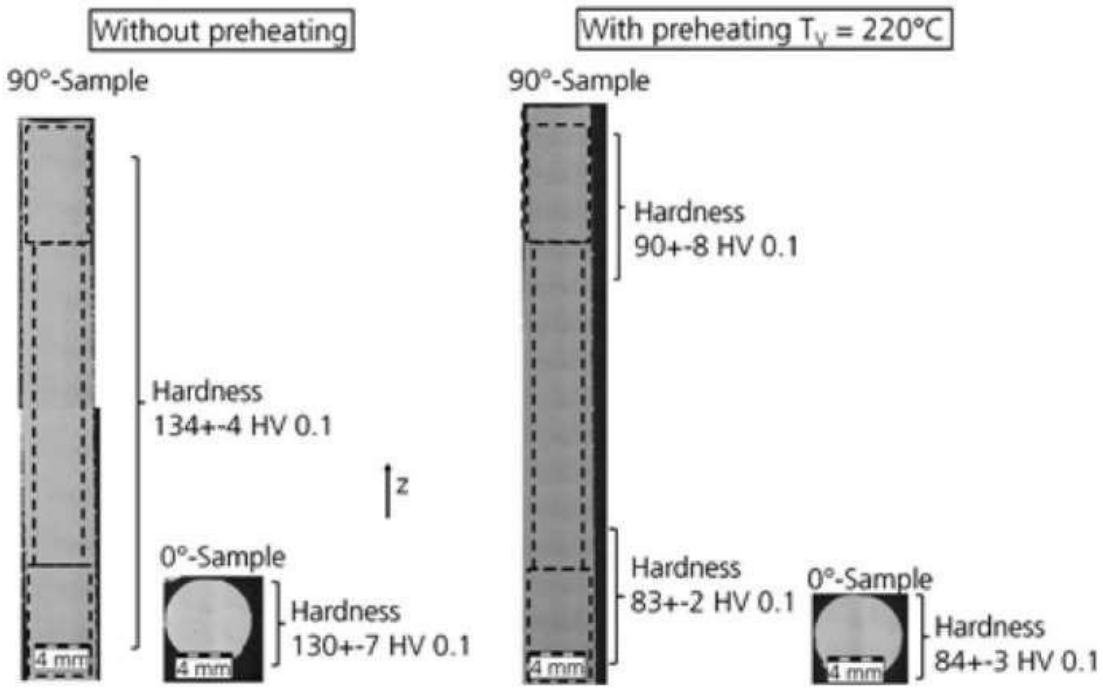


Рис. 1. Твердость образцов AlSi10Mg с подогревом платформы 220°С и без подогрева

Влияние нагрева платформы построения SLM на большую высоту на примере сплава FeCoMo

Не смотря на большое количество исследований влияния преднагрева платформы построения в технологии SLM, эти исследования проводились на невысоких образцах и не учитывали распределения температуры вдоль роста образцов по высоте, хотя очевидно, что добиться равного распределения температуры в образцах невозможно.

Впервые эту проблему осветили в 2019 г. в университет Эрлангена – Нюрнберга в работе совместно с немецкой компанией «MTU Aero Engines», когда они изучили микроструктуру и твердость инструментальной стали AISI H11 по технологии SLM с предварительным нагревом платформы. Они обнаружили, что номинальная температура нагрева платформы на поверхности образцов не была достигнута. Вместо номинального значения 500 °C они измерили только 381 ±8 °C на поверхности образцов. *

Основательную работу в марте 2023 г. выпустил австрийский университет г. Леобен (University of Leoben) исследовав FeCoMo с температурами платформы построения: 500оС и без нагрева, а также провели исследование распределение температуры в образцах по вдоль роста по высоте.

Исследуемый материал представляет собой синтезированные по технологии SLM образцы FeCoMo из металлопорошковой композиции (МПК) фракцией 15-45 мкм;

Печать длинных образцов длиной более 20 мм с подогревом платформы построения 500°С и без подогрева;

Замеры твердости образцов по всей длине образцов. Так как μ-фаза, которая выделяется в исследуемом сплаве FeCoMo во время SLM, приводит к значительному повышению твердости;

От в исследуемых образцов вырезали заготовки образцов размером 0,4×0,4×10 мм для их анализа на атомно-зондовом томографе (АЗТ). Для выявления распределения осаждаемой фазы Co. Измерения АЗТ проводились с помощью системы Cameca LEAP 3000X HR (рис. 2).

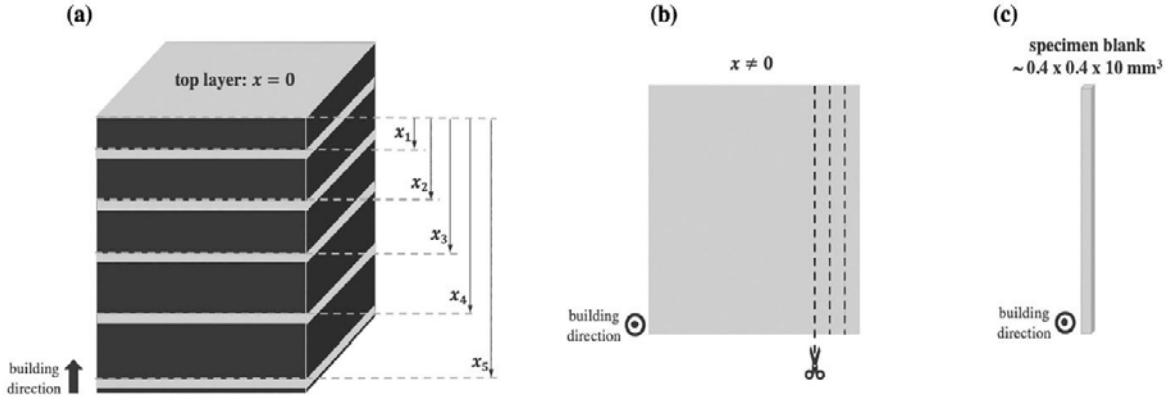


Рис. 2. Выбор положения образцов в АЗТ (a). Вырезка заготовок для образцов (b). Заготовка образца, готовая к АЗТ (c)

Поскольку μ-фаза вызывает значительное упрочнение, в зависимости твердости от высоты построения может дать представление о состоянии осажденных элементов в напечатанных образцах.

На рисунке 3 показана твердость готовых образцов по Виккерсу в зависимости от расстояния от верхнего слоя ***x.***

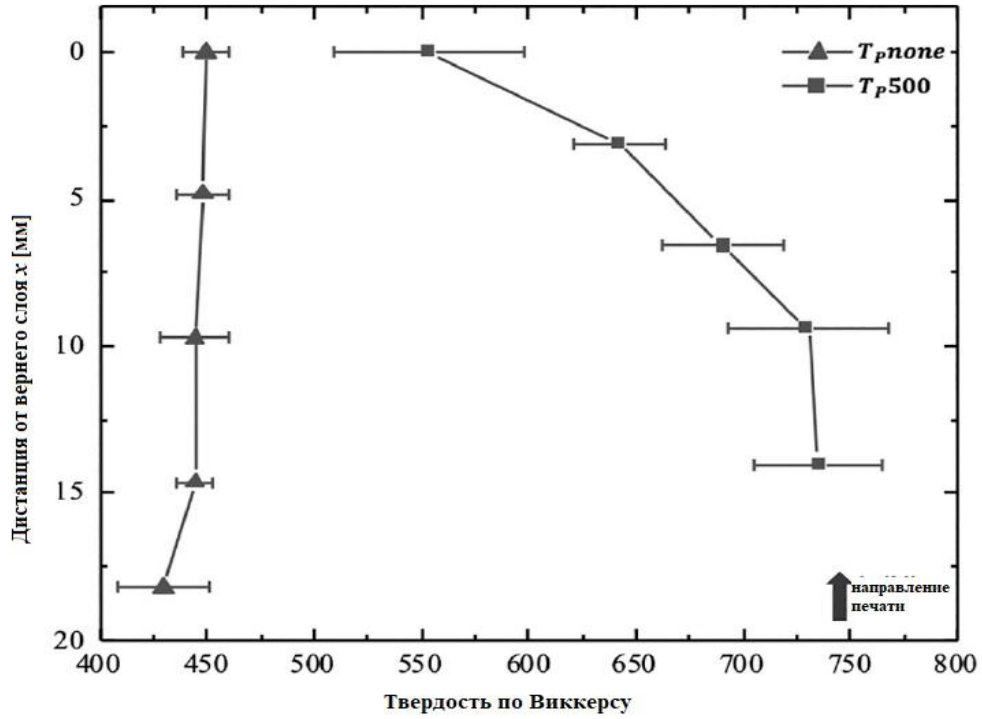


Рис. 3. Твёрдость образцов FeCoMo в зависимости от температуры платформы построения 500°C и без предварительного нагрева

Образец без подогрева не демонстрирует существенного изменения твердости по высоте.

Образец T_p 500 демонстрирует значительное увеличение твердости с увеличением расстояния от верхнего слоя, который насыщается при температуре ≈730 HV.

На рисунке 3 продемонстрированы осаждение μ-фазы Mo по высоте образцов (верх = 0 мм от поверхности): x = 0 мм, x= 2,5 мм, x = 5 мм и x=9 мм.

Цепочки μ-фазы визуализируются при 20 ат.%.

Содержание молибдена в них уменьшается с увеличением x:

- x = 0 мм μ-фаза 40%;
- x =2,5 мм μ-фаза упала до 39%;
- x = 5 мм μ-фаза упала до 35%

При x = 9 мм цепочки Mo не видны, и были выбраны изоповерхности с содержанием Mo 15 ат. %, поскольку при 20 ат. % кластеризация не выявляется.

На рисунке 4 продемонстрированы осаждение μ-фазы Mo по высоте образцов, но уже с подогревом платформы построения до 500°C.

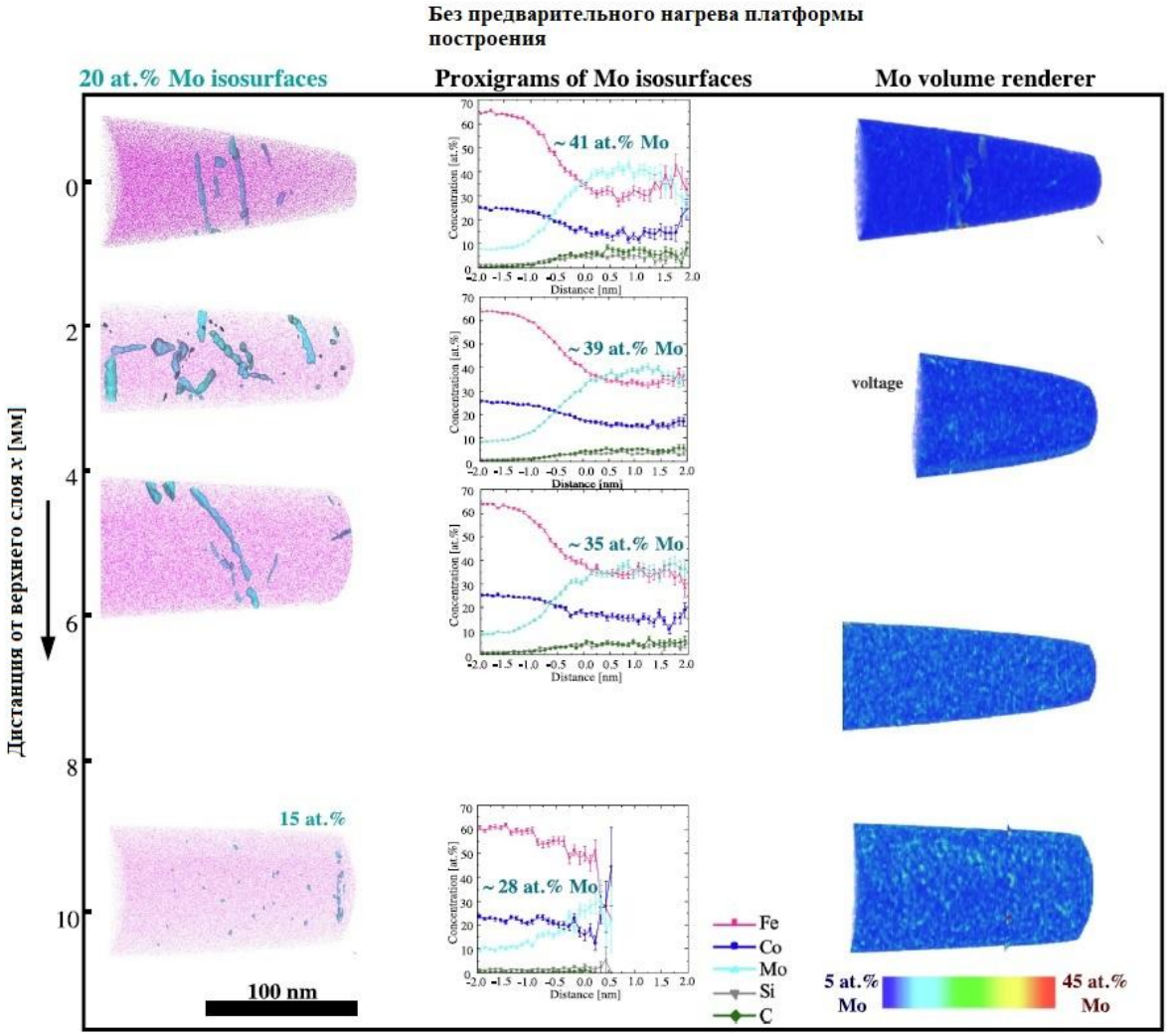


Рис. 4. Измерения осаждения Mo на образце без подогрева платформы построения в зависимости от расстояния от верхней поверхности x при помощи АЗТ

В отличие от образцов без нагрева платформы, содержание молибдена в них увеличивается с увеличением x.

При x=0 Mo-35% и до x=7,5 мм содержание Mo увеличивается до 46%.

Исключением из этих тенденций является образец при x = 15 мм, то есть в непосредственной близости от платформы. Осадки в нем все меньше и меньше. Их максимальный размер составляет R = 2,0 нм, а содержание молибдена в них составляет ~ 42 ат.% (рис. 5).

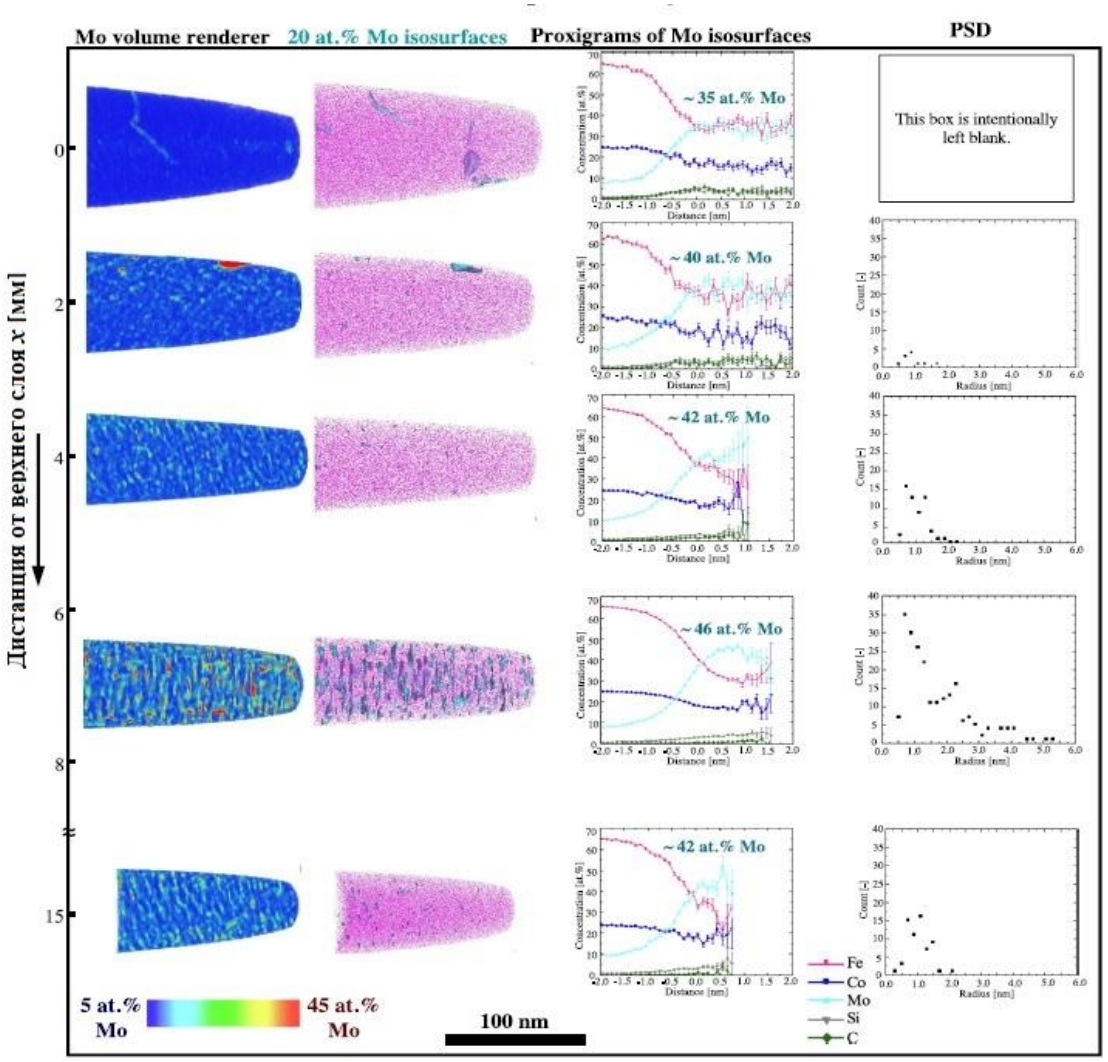


Рис. 5. Измерения осаждения Mo на образце без подогрева платформы построения в зависимости от расстояния от верхней поверхности x при помощи АЗТ

Сравнивая стадии осаждения μ-фазы без ТР и с ТР = 500 °C, можно сделать следующие выводы о распределении температуры во время процесса:

- В ТР500 присутствовали различные стадии осаждения μ-фазы. Пока TN < Mf, осаждение ускорялось с увеличением x (количество слоёв). Когда Mf < TN < Ms, осаждение происходило в мартенситной фазе, тогда как в аустенитной фазе оно было подавлено. Это привело к низкой плотности мелких осадков вблизи предварительно нагретой платформы;
- Исходя из осадков, которые наблюдались в спецификации T_P500, можно экстраполировать T_N – номинальная T_P = 500°C не была достигнута на поверхности образцов;
- Измерения твёрдости по всей длине образцов косвенно подтверждает результаты АЗТ.

Как видим из последних исследований (рис. 6), подогрев платформы построения не всегда имеет положительный эффект. К негативным последствиям можно отнести снижение механических свойств, укрупнённую макроструктуру, увеличение пористости и т.д.

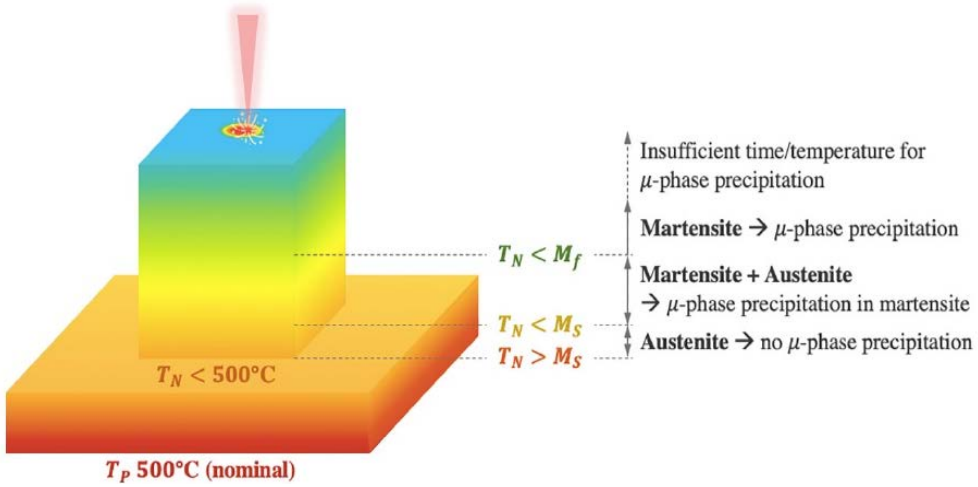


Рис. 6. Схематическое изображение температурных зон во время печати при номинальном T_P = 500°C, соответствующих зон микроструктуры и поведения осадков в сплаве FeCoMo во время печати

Да, подогрев платформы построения снижает напряжения в процессе печати. Но снижение напряжений вызвано не снижением градиента температур, а снижением скорости охлаждения и, в следствии с этим, изменением структуры материала и фазовых превращений. Без подогрева материал осаждается в мартенсит, где за счёт фазовых превращений образуются значительные напряжения. В случае же подогрева плиты построения, скорость охлаждения снижается, в результате материал осаждается в аустените, что приводит к снижению остаточных напряжений.

Подогрев платформы построения, следуя последним исследованиям, не действует на всю высоту построения. В случае со сплавом FeCoMo, эффект подогрева плиты построения действует на высоту около 10 мм. Учитывая, что высота печати заготовок по технологии SLM достигает 500 мм и более, эффект преднагрева плиты построения сводится практически к нулю. Как показывают исследования Института Леобен, даже с подогревом плиты до 500°C (когда как серийные машины работают с нагревом до 200°C), эффекта хватает на 10 мм. До этих значений материал осаждается в аустените, после градиент температур увеличивается с ростом высоты построения, что приводит к осаждению материала в гамма-фазе, что в свою очередь приводит к росту напряжений в материале и, в случае превышению предела текучести и даже прочности, приведёт к деформации и/или разрушению изделия.

Список литературы

1. P.J. Withers, H.K.D.H. Bhadeshia, Residual stress. Part 2-Nature and origins, Mater. Sci. Technol. 17 (2001) 366–375.

2. M. Shiomi, K. Osakada, K. Nakamura, T. Yamashita, F. Abe, Residual stress within metallic model made by selective laser melting process, CIRP Ann. 53 (2004) 195–198.

3. K. Georgilas, R.H.U. Khan, M.E. Kartal, The influence of pulsed laser powder bed fusion process parameters on Inconel 718 material properties, Mater. Sci. Eng. A 769 (2020), 138527.

4. I. Yadroitsava, I. Yadroitsev, Evaluation OF residual stress IN selective laser melting OF 316L steel, Proc. Intl. Conf. Progr. Addit. Manuf. (2014) 278–283.

5. Y. Lu, S. Wu, Y. Gan, T. Huang, C. Yang, L. Junjie, J. Lin, Study on the microstructure, mechanical property and residual stress of SLM Inconel-718 alloy manufactured by differing island scanning strategy, Opt Laser. Technol. 75 (2015) 197–206.

6. L. Parry, I.A. Ashcroft, R.D. Wildman, Understanding the effect of laser scan strategy on residual stress in selective laser melting through thermo-mechanical simulation, Addi. Manuf. 12 (2016) 1–15.

7. H. Ali, H. Ghadbeigi, K. Mumtaz, Effect of scanning strategies on residual stress and mechanical properties of Selective Laser Melted Ti6Al4V, Mater. Sci. Eng. A 712 (2018) 175–187.

8. C. Li, Z.Y. Liu, X.Y. Fang, Y.B. Guo, Residual stress in metal additive manufacturing, Proc. CIRP 71 (2018) 348–353.

9. M. Chimmat, D. Srinivasan, Understanding the residual stress in DMLS CoCrMo and SS316L using X-ray diffraction, Proc. Struct. Integer. 14 (2019) 746–757

10. L. Mugwagwa, D. Dimitrov, S. Matope1, I. Yadroitsev, Evaluation of the impact of scanning strategies on residual stresses in selective laser melting, Int. J. Adv. Manuf. Technol. 102 (2019) 2441–2450.

Панас П.А.
начальник испытательного центра,
IPG,
Россия, Москва
ppanas@ntoire-polus.ru
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ НА ПОРИСТОСТЬ СВАРНЫХ ШВОВ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ AL–MG

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментов по влиянию параметров режима лазерной сварки на пористость сварных швов алюминиевых сплавов системы Al–Mg 1530 и 1550. Образование указанных выше дефектов в сварных соединениях сплава 1550, предположительно связано с неправильным выбором параметров процесса сварки. Анализ томограмм показал наличие множества пор по всей длине сварного шва. С целью идентификации дефекта типа «цепочка пор», были произведены расчёты диаметров пор и расстояния между ними. общая площадь дефектов увеличивается как при недостаточных скоростях сварки, так и при слишком высоких, поэтому оптимальная скорость сварки для данных сплавов, предположительно, будет лежать в диапазоне от 50 до 70 мм/с. С увеличение скорости сварки количество дефектов в образце увеличивается, что, как раньше было сказано, связано с нестабильностью процесса расплавления и затвердения расплава в сварочной ванне.

Ключевые слова: лазерная сварка, алюминиевые сплавы, сплавы системы Al–Mg, пористость, скорость сварки, средний диаметр пор, количество пор.

Panas P.A.
Head of the IPG Test Center
IPG
Russia, Moscow
ppanas@ntoire-polus.ru
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

INFLUENCE OF LASER WELDING MODE PARAMETERS ON THE POROSITY OF WELDS OF ALLOYS OF THE AL–MG SYSTEM

Abstact. The article presents the results of experiments on the effect of laser welding mode parameters on the porosity of welds of aluminum alloys of the Al–Mg 1530 and 1550 systems. The

formation of the above defects in the welded joints of alloy 1550 is presumably due to the incorrect choice of welding process parameters. The analysis of tomograms showed the presence of multiple pores along the entire length of the weld. In order to identify the defect of the «pore chain» type, calculations of the pore diameters and the distance between them were made. therefore, the optimal welding speed for these alloys is expected to be in the range of 50 to 70 mm/s. As the welding speed increases, the number of defects in the specimen increases, which, as mentioned earlier, is due to the instability of the melting process and solidification of the melt in the weld pool.

Keywords: laser welding, aluminum alloys, Al-Mg alloys, porosity, welding speed, average pore diameter, number of pores.

Целью исследования являлось изучение закономерностей формирования структуры сварного шва, полученного лазерной сваркой, и установление взаимосвязи между параметрами технологического процесса и качеством сварных соединений алюминиевых сплавов системы Al–Mg.

Объектами исследования служили пластины из алюминиевых сплавов системы Al–Mg толщиной 5,0 мм, сваренные в стык методом лазерной сварки. В качестве материала для образцов использовались алюминиевые сплавы системы Al-Mg – 1530 (АМг3) и 1550 (АМг5), относящиеся к деформируемым термически не упрочняемым сплавам.

Образцы сваривались на автоматическом технологическом лазерном комплексе СВА-РОГ-2, мощностью – 6 кВт. В качестве источника излучения использовался непрерывный иттербиевый волокнистый лазер киловаттного диапазона IPG v4e1. Фокусное расстояние 250 мм. Длина волны лазерного излучения – 1,06–1,3 мкм. Сварка проводилась с колебанием лазера в среде защитного газа Ar с чистотой 99,999% и расходом подачи 22–24 л/мин.

Первичное исследование образцов сварных соединений проводилось методами рентгенографического контроля и рентгеновской компьютерной томографии (РКТ).

Метод РКТ реализовался при помощи промышленной установки для рентгенографии и компьютерной томографии (КТ) – XTN 450 LC. Для последующей обработки данных, полученных при РКТ, использовалось программное обеспечение (ПО) VGStudio Max.

Рентгенографический метод контроля проводился с использованием стационарного рентгеновского аппарата Экстравольт-160. В качестве записывающего устройства использовался плоскопанельный детектор, с последующим выводом изображения на экран компьютера, при помощи ПО «СОВА».

При рентгенографическом методе контроля непосредственно на образцы устанавливались проволочные эталоны чувствительности №21 и направлением проволок перпендикулярно оси сварного соединения, с установкой на лицевой стороне шва, обращённой к источнику излучения. Чувствительность оценивалась по 1-ой проволоке для всех образцов.

Оценка качества сварных швов проводилась в соответствии с требованиями ГОСТ ISO 13919-2017 для уровня качества – В (высокий).

Подбор мощности лазерного излучения основывался на физических свойствах алюминия и его сплавов, характеризующихся высокой отражательной способностью свариваемой поверхности, из чего возникает необходимость в использовании лазерного излучения большой мощности (свыше 2кВт), что позволяет перейти от поверхностного к объёмному тепловложению [1].

Образцы сваривались по 4-м режимам, отличающимся скоростью сварки, при этом, остальные параметры процесса оставались неизменными (таблица 1).

Таблица 1

Параметры режима сварки

Номер образца	Сплав	Расстояние от линзы до поверхности детали, мм	Мощность лазера, кВт	Расход защитного газа, л/мин	Скорость сварки, мм/с
1	1530	202	4000	24	40
2	1550	202	4000	24	100
3	1550	202	4000	24	60
4	1530	202	4000	24	60

Анализ макроструктуры сварных соединений показал наличие непроваров в корневой части шва, а также пор. Зона сплавления характеризуется малой шириной и колеблется в диапазоне 1 мм.

Анализ томограмм показал наличие множества пор по всей длине сварного шва. С целью идентификации дефекта типа «цепочка пор», были произведены расчёты диаметров пор и расстояния между ними. Для оценки параметров дефектов выбиралось сечение образца, параллельное лицевой поверхности шва и наибольшим содержанием дефектов.

Дальнейшая оценка пористости производилась отдельно по одиночным порам, и по цепочкам пор. Впоследствии рассчитывалась общая площадь (*f*) дефектов, путём суммирования общей площади одиночных пор и площади цепочек. Результаты анализа пористости в сварных швах представлены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры дефектов в исследуемых образцах, выявленных методом РКТ

Номер образца	Сплав	Тип дефекта	Количество	d_{min}, мм	d_{max}, мм	f_{min}, мм^2	f_{max}, мм^2	$f_{общ}$, мм^2	f, мм^2
1	1530	Пора	16	0,60	1,80	0,28	2,54	15,67	40,55
		Цепочка пор	7	0,90×1,20	9,30×2,00	1,80	11,16	24,88	
2	1550	Пора	18	0,30	1,40	0,07	1,54	9,25	37,43
		Цепочка пор	11	1,70×0,60	5,10×1,60	1,02	4,73	28,18	
3	1550	Пора	13	0,40	1,80	0,13	2,54	8,87	31,09
		Цепочка пор	11	1,40×0,60	4,20×1,30	0,84	4,20	22,22	
4	1530	Пора	17	0,50	1,60	0,20	2,01	14,88	29,97
		Цепочка пор	7	1,00×0,50	4,10×1,30	0,65	3,69	15,09	

Как видно из таблицы 2, общая площадь дефектов в образцах в 3–4 порядка превышает допустимые значения.

Наличие такого количества пор связано с высокими скоростями сварки. С учётом больших размеров выявленных пор, их можно отнести к так называемым технологическим порам, образующимся при высоких скоростях сварки, вследствие нестабильности процесса расплавления и затвердевания расплава [2].

Зависимости общей площади дефектов от скорости сварки приведена на рисунке 1.

Диаграмма показывает, что общая площадь дефектов увеличивается как при недостаточных скоростях сварки, так и при слишком высоких, поэтому оптимальная скорость сварки для данных сплавов, предположительно, будет лежать в диапазоне от 50 до 70 мм/с.

При условии, что цепочка пор в процессе разрушения сварного соединения работает как один дефект, выведена зависимость количества дефектов от скорости сварки (рис. 2).

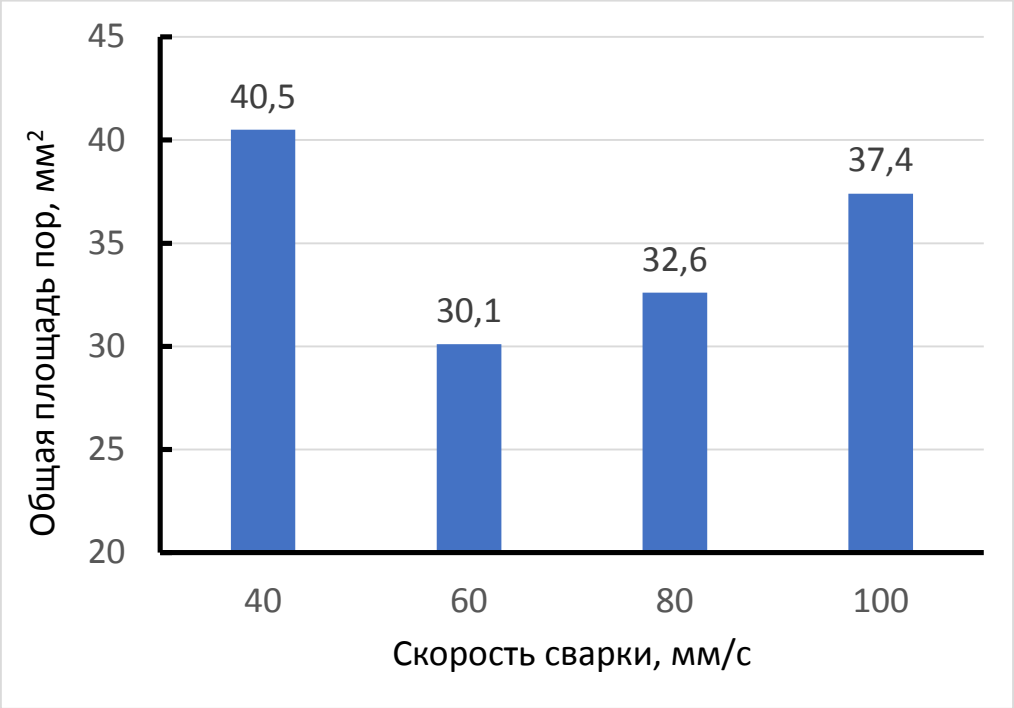


Рис. 1. Зависимость общей пощади пор от скорости лазерной сварки сплава 15550

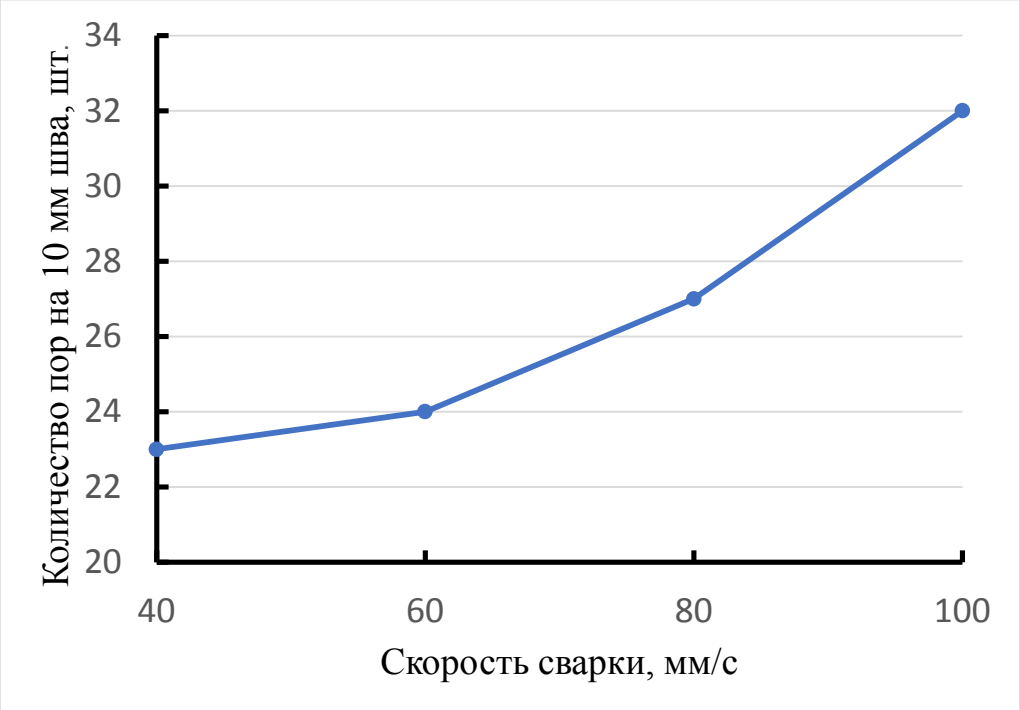


Рис. 2. Влияние скорости сварки на количество пор в шве сплава 1550

С увеличение скорости сварки количество дефектов в образце увеличивается, что, как раньше было сказано, связано с нестабильностью процесса расплавления и затвердения расплава в сварочной ванне.

На полученных рентгенограммах были проведены замеры диаметра всех выявленных пор. Результаты измерений представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты измерения диаметров выявленных дефектов на рентгенограммах образцов

№ образца	Сплав	Количество выявленных дефектов	Минимальный диаметр, мм	Максимальный диаметр, мм	Средний диаметр, мм
1	1530	36	0,39	1,40	0,97
2	1550	42	0,41	1,51	0,92
3	1550	38	0,36	1,55	0,80
4	1530	37	0,39	1,97	1,00

По полученным данным были построены гистограммы распределения пор по размерам. Для оценки распределения диаметр пор брался с шагом 0,1 мм (рис. 3). Представленные гистограммы распределения не дают чёткой информации о виде распределения описанных величин.

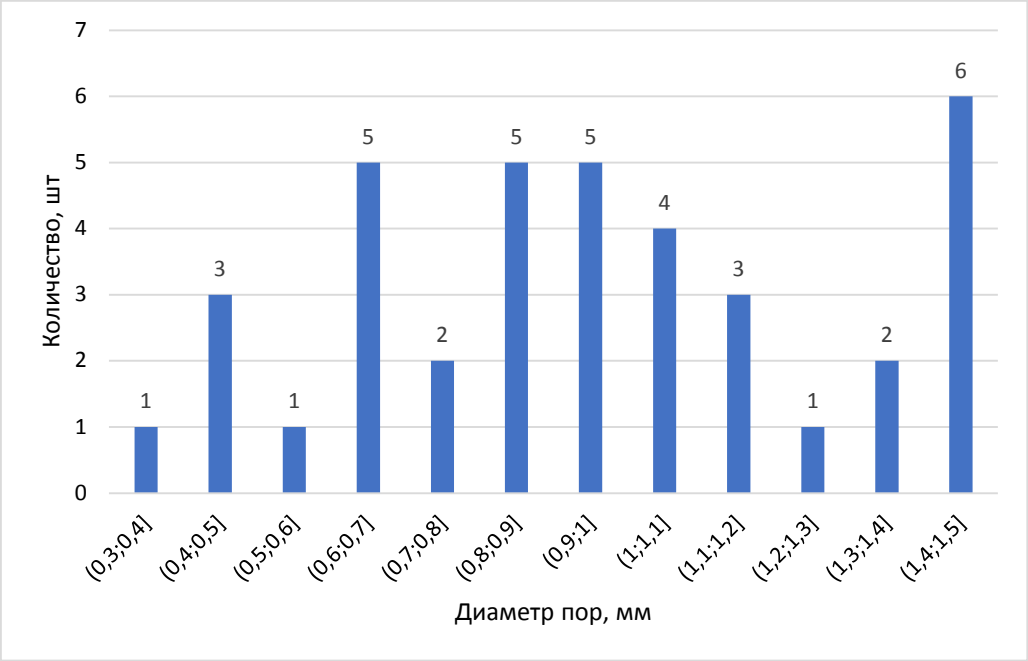


Рис. 3. Распределение пор по диаметрам для сплава 1550, сваренного на режиме 4

На основании результатов выполненных исследований можно констатировать следующее:

Установлены режимы просвечивания сварных соединений алюминиевых сплавов системы Al–Mg, выполненных лазерной сваркой, для наилучшей идентификации дефектов.

Установлены зависимости суммарной площади пор и их среднего размера от скорости лазерной сварки сплавов 1530 и 1550.

Список литературы

1. Tsukamoto S. Laser welding // Welding Intern. – 2003 – 17, № 10 – P. 767–774.

2. Hügel H. Laser in der Fertigung: Strahlquellen, Systeme, Fertigungsverfahren / H. Hügel, T. Graf. – 2 Aufl. – Wiesbaden: Vieweg +Teubner Verlag, 2009. – 404 s.

Соловьев И.С.
аспирант,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
solovev.i.s@yandex.ru
Овчинников В.В.
д.т.н, профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

К ВОПРОСУ О ТЕРМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ ЗОНЫ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ШВОВ СТП СПЛАВОВ СИСТЕМЫ AL–MG

Аннотация. В статье приведены результаты исследования влияния температурно нагрева и длительности выдержки на аномальный рост зерна в зоне перемешивания сварного соединения сплава 1565чМ, выполненного сваркой трением с перемешиванием. Установлено, что при нагреве до 480–500 °С и выдержке 30 минут наблюдается начало аномального роста зерна в зоне перемешивания с поверхности, непосредственно примыкающей к поверхности заплечика рабочего инструмента. При выдержках 1 час отмечается укрупнение зерна и с обратной стороны шва. При температуре нагрева 540 °С и выдержке 10 минут отмечен аномальный рост зерна в пределах всей зоны перемешивания.

Ключевые слова: алюминиевый сплав 1565чМ, сварка трением с перемешиванием, отжиг, температура нагрева, время выдержки, аномальный рост зерна.

Soloviev I.S.
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
solovev.i.s@yandex.ru
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

ON THE THERMAL STABILITY OF THE MICROSTRUCTURE OF THE MIXING ZONE OF STP WELDS OF ALLOYS OF THE AL–MG SYSTEM

Abstact. The article presents the results of a study of the effect of temperature heating and holding duration on abnormal grain growth in the mixing zone of the welded joint of the 1565 hM alloy performed by friction stir welding. It has been established that at heating to 480–500 °C and holding for 30 minutes, the beginning of abnormal grain growth in the mixing zone is observed from the surface directly adjacent to the surface of the shoulder of the working tool. the back of the seam. At a heating temperature of 540 °C and holding for 10 minutes, abnormal grain growth was observed within the entire mixing zone.

Keywords: aluminum alloy 1565chM, friction stir welding, annealing, heating temperature, dwell time, abnormal grain growth.

Для алюминиевых сплавов системы Al–Mg в технологических процессах изготовления деталей из сварных заготовок применяются нагревы до 500–540 °С перед деформированием. Применение таких температур нагрева может вызвать эволюцию микроструктуры зоны перемешивания сварного соединения, полученного сваркой трением с перемешиванием.

Для сварных заготовок из сплавов Al–Mg–Si одним из способов достижения необходимого уровня механических свойств СТП-швов является их перезакалка с последующим старением. Данный подход также может обеспечить относительно однородное выделение упрочняющих частиц в различных областях сварного соединения и, таким образом, восстановить его прочностные характеристики. Однако первые же эксперименты в этой области показали, что высокотемпературный отжиг СТП-соединений часто приводит к аномальному росту зерен в зоне перемешивания [1–4].

Этот нежелательный эффект способствует существенной деградации служебных характеристик сварных конструкций и, таким образом, может привести к их преждевременному разрушению [1].

Интенсивные исследования последних лет показали, что аномальный рост зерен в СТП-швах является чувствительным к температуре сварки. В частности, СТП-соединения, полученные при относительно высоких температурах, обычно демонстрируют относительно высокую термическую стабильность. Также было установлено, что аномальный рост зерен протекает очень неоднородно. Как правило, первые аномально крупные зерна выявляются в периферийных областях шва, в первую очередь в его приповерхностной или нижней областях.

Как следует из анализа научной литературы, аномальный рост зерен в СТП-швах обычно описывается в рамках так называемой «ячеистой модели» Хамфри [5, 6]. В соответствии с ней, аномальный характер роста связан либо с повышенным содержанием малоугловых границ, либо относительно низкой концентрацией частиц вторичных фаз. В этой связи необходимо отметить, что данная теория была разработана для относительно однородных структур, в то время как характерной чертой СТП-швов является резкий микроструктурный градиент. Таким образом, механизм аномального роста зерен в СТП-соединениях по-прежнему является не вполне понятным и, таким образом, требует тщательного изучения.

Для анализа аномального роста зерна в зоне перемешивания алюминиевого сплава 1565чМ были сварены образцы из листов толщиной 5 мм указанного сплава. Для обеспечения необходимой чистоты эксперимента нагреву подвергались образцы из одного сварного шва. Режимы нагрева приведены в таблице.

Таблица

Режимы нагрева образцов сварного соединения СТП сплава 1565чМ

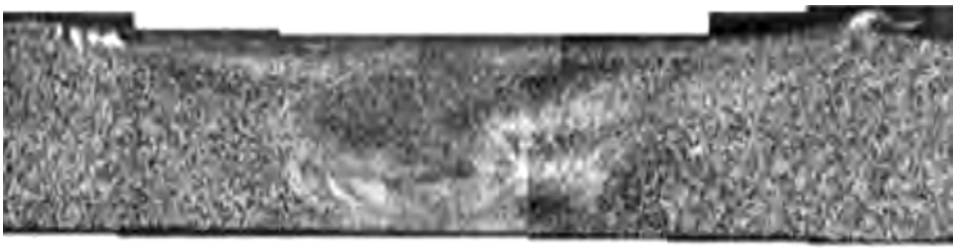
Номер образца	1	2	3	4	5	6	7	8
Режим нагрева	400 °С, 1 час	450 °С, 1 час	480 °С, 1 час	500 °С, 1 час	480 °С, 0,5 час	500 °С, 0,5 час	480 °С, 1 час + 500 °С, 0,5 час	300 °С, 1 час + 500 °С, 0,5 час

Нагрев образцов производился в лабораторной муфельной печи SNOL 30/1100. Образцы загружались в печь, уже нагретую до требуемой температуры.

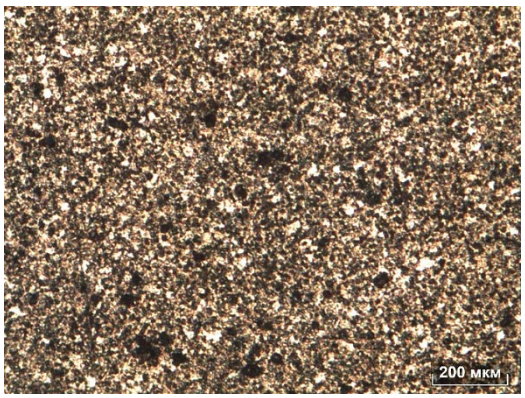
Из поперечных шлифов сварного соединения по отношению к направлению сварки были изготовлены образцы, для выявления микроструктуры которых после полирования производилось травление в реактиве Келлера.

Для анализа микроструктуры зоны перемешивания исследуемых образцов после нагрева применялся оптический микроскоп METKON IMM 902.

Анализ микроструктуры зоны перемешивания непосредственно после сварки трением с перемешиванием показал, что она из равноосных рекристаллизованных зерен средним размером 3,5–4,2 мкм (рис. 1).



а

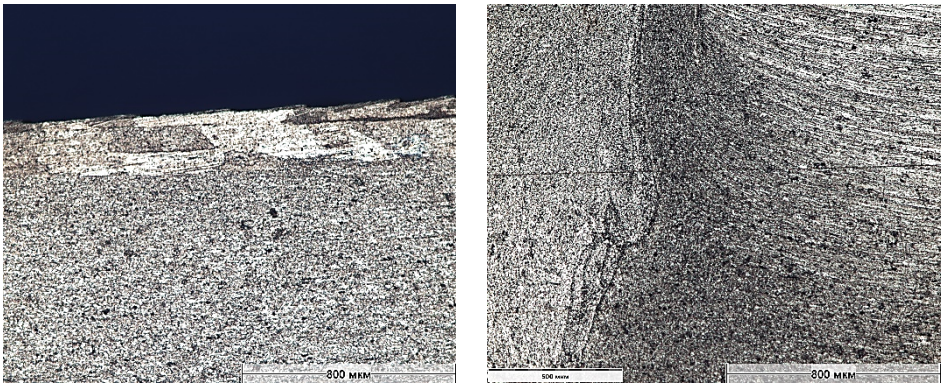


б

Рис. 1. Макроструктура сварного соединения (а) и микроструктура зоны перемешивания (б) соединения листа сплава 1565чМ

Анализ микроструктуры зоны перемешивания показал, что нагрев до температуры 450 °С с выдержкой 0,5–1 час не вызывают аномального роста зерна в шве.

Начиная с температуры нагрева 480 °С при выдержке 0,5 часа отмечается появление пояска укрупненных зерен с поверхности, которая в процессе сварки контактировала с заплечиком рабочего инструмента (рис. 2, а). С обратной стороны соединения при этом аномального роста зерна не прослеживается (рис. 2, б).

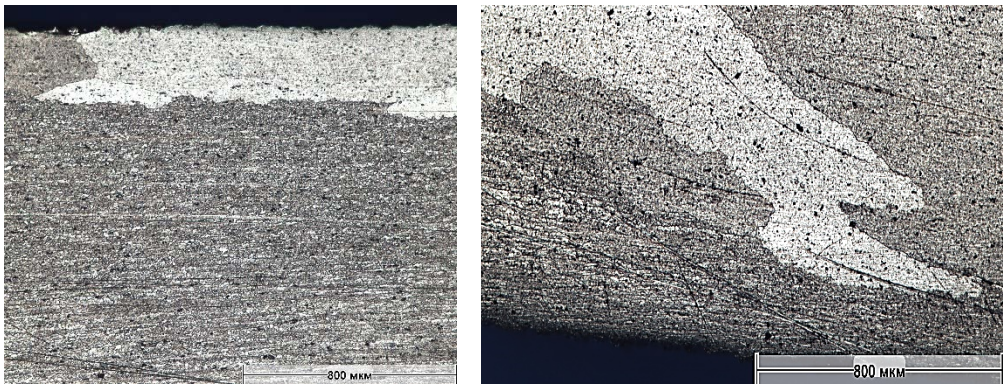


а *б*

Рис. 2. Микроструктура зоны перемешивания с лицевой стороны (а) и с корневой стороны (б) шва после нагрева до 480 °С с выдержкой 0,5 часа

Увеличение длительности выдержки при температуре 480 °С до 1 часа не изменяет картины аномального роста зерна в зоне перемешивания.

Дальнейшее повышение температуры нагрева до 500 °С с выдержкой 0,5 часа сопровождается аномальным ростом зерна как с лицевой, так и с обратной стороны соединения (рис. 3). Ширина этих областей аномального роста зерна возрастает до 0,3–0,42 мм. Увеличение времени выдержки до 1 час сопровождается увеличением толщины слоя, в котором происходит аномальный рост зерна возрастает до 0,58–0,65 мм.



а *б*

Рис. 3. Микроструктура зоны перемешивания с лицевой стороны (а) и с корневой стороны (б) шва после нагрева до 500 °С с выдержкой 0,5 часа

Термическая обработка шлифов сварных соединений алюминиевого сплава 1565чМ по режимам 7 и 8 сопровождается аномальным ростом зерна в слое толщиной, характерной для температуры нагрева 500 °С.

Повышение температуры нагрева до 520–540 °С сопровождается аномальным ростом зерна в зоне перемешивания, которая захватывает всю область шва (рис. 4).



а



б

Рис. 4. Макроструктура сварного соединения (а) и микроструктура зоны перемешивания (б) соединения листа сплава 1565чМ после нагрева до температуры 540 °С, 1 час

Таким образом, можно отметить, что появление очагов аномального роста зерна в сварном соединении сплава 1565чМ, выполненном сваркой трением с перемешиванием, начинается с лицевой поверхности шва, которая при сварке контактирует с поверхностью заплечика рабочего инструмента. Начальной температурой аномального роста зерна в зоне перемешивания для сплава 1565чМ можно считать 480 °С. В диапазоне температур нагрева 480–500 °С аномальный рост зерна носит заторможенный характер. При температуре нагрева

540 °C аномальный рост зерна в зоне перемешивания распространяется на всю глубину соединения в течение 5–10 минут.

Исследования проведены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Наукоемкие технологии в машиностроении» Московского политехнического университета.

Список литературы

1. Malopheyev S. Optimization of processing-microstructure-properties relationship in friction-stir welded 6061-T6 aluminum alloy / S. Malopheyev, I. Vysotskiy, V. Kulitskiy, S. Mironov, R. Kaibyshev // Materials Science and Engineering: A. – 2016. – Vol. 662. – P. 136-143.

2. Hassan Kh. A.A. Stability of nugget zone grain structures in high strength Al-alloy friction stir welds during solution treatment / Kh. A.A. Hassan, A.F. Norman, D.A. Price, P.B. Prangnell // Acta Materialia. – 2003. – Vol. 51. – P. 1923-1936.

3. Attallah M.M. Friction stir welding parameters: a tool for controlling abnormal grain growth during subsequent heat treatment / M.M. Attallah, H.G. Salem // Materials Science and Engineering: A. – 2005. – Vol. 391. – P. 51-59.

4. Charit I. Abnormal grain growth in friction stir processed alloys / I. Charit, R.S. Mishra // Scripta Materialia. – 2008. – Vol. 58. – P. 367-371.

5. Humphreys F. A unified theory of recovery, recrystallization and grain growth, based on the stability and growth of cellular microstructures–I. The basic model / F. Humphreys // Acta Materialia. – 1997. – Vol. 45. – P. 4231-4240.

6. Humphreys F.J. A unified theory of recovery, recrystallization and grain growth, based on the stability and growth of cellular microstructures–II. The effect of second-phase particles / F.J. Humphreys // Acta Materialia. – 1997. – Vol. 45. – P. 5031-5039.

Левина Т.А.
к.э.н., заведующий кафедрой «Стандартизация метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
Gta03@mail.ru
Клочкова Д.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва,
ddasha2017@yandex.ru
Клочков Я.М.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
gluhihyak@gmail.com

СТАНДАРТИЗАЦИЯ В МЕТАЛЛУРГИИ

Аннотация. В статье анализируется роль стандартизации в металлургии, подчеркивая её значимость для обеспечения качества продукции, безопасности технологических процессов и минимизации экологического ущерба. В условиях глобализации и жестких экологических требований соблюдение стандартов, таких как ГОСТ, ISO и ASTM, становится важным для интеграции предприятий в международные цепочки поставок. Рассматриваются основные стандарты, их влияние на технологические процессы, а также инновационные материалы и перспективные направления, такие как аддитивные технологии и «зеленая» металлур-

гия. Особое внимание уделено проблемам гармонизации российских и международных норм и отсутствию стандартов для новых технологий. Рекомендации направлены на улучшение стандартизации для повышения конкурентоспособности металлургической продукции и решения актуальных вызовов отрасли.

Ключевые слова: стандартизация, металлургия, качество продукции, безопасность технологических процессов, экологические стандарты, инновационные материалы, алюминиевые сплавы, композиты, международные стандарты.

Levina T.A.
Candidate of Economics, Head of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Gta03@mail.ru
Klochkova D.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ddasha2017@yandex.ru
Klochkov Ya.M.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
gluhihyak@gmail.com

STANDARDIZATION IN METALLURGY

Abstact. The article analyzes the role of standardization in metallurgy, emphasizing its importance for ensuring product quality, process safety and minimizing environmental damage. In the context of globalization and stringent environmental requirements, compliance with standards such as GOST, ISO and ASTM are becoming important for the integration of enterprises into international supply chains. The main standards, their impact on technological processes, as well as innovative materials and promising areas such as additive technologies and «green» metallurgy are considered. Special attention is paid to the problems of harmonization of Russian and international norms and the lack of standards for new technologies. The recommendations are aimed at improving standardization to increase the competitiveness of metallurgical products and address current industry challenges.

Keywords: standardization, metallurgy, product quality, process safety, environmental standards, innovative materials, aluminum alloys, composites, international standards.

Стандартизация в металлургии выступает фундаментальным инструментом обеспечения качества продукции, безопасности технологических процессов и минимизации экологического ущерба. В условиях глобализации рынков и ужесточения экологических требований соблюдение стандартов становится критически важным для интеграции предприятий в международные цепочки поставок. Современные металлургические производства сталкиваются с необходимостью соответствия как национальным (ГОСТ, ТУ), так и международным нормам (ISO, ASTM), что требует комплексного подхода к управлению стандартами на всех этапах – от проектирования сплавов до утилизации отходов.

Целью данной работы является анализ роли стандартизации в повышении конкурентоспособности металлургической продукции, оценка влияния ключевых стандартов на технологические процессы и формулирование рекомендаций по преодолению актуальных вызовов. Особое внимание уделяется инновационным материалам, таким как высокопрочные алюминиевые сплавы и композиты, а также перспективным направлениям, включая аддитивные технологии и «зеленую» металлургию.

Обзор литературы демонстрирует, что стандартизация способствует снижению производственного брака на 15–20% за счет унификации методов контроля, однако сохраняются проблемы гармонизации российских и международных норм. Например, различия в требованиях ГОСТ и ISO к химическому составу сплавов осложняют сертификацию продукции для экспорта. Кроме того, отсутствие стандартов для 3D-печати металлами и рециклинга замедляет внедрение прорывных технологий.

Настоящее исследование базируется на анализе нормативной документации, данных отраслевых отчетов и научных публикаций, что позволяет систематизировать опыт применения стандартов и определить приоритеты для их дальнейшего развития.

Стандарты в металлургии можно систематизировать по их функциональному назначению, охватывая требования к материалам, технологиям и экологическим аспектам (таблица).

Таблица

Систематизация стандартов по функциональному назначению

Тип стандарта	Назначение	Примеры стандартов	Применение / Эффект
Материальные	Определяют химический состав, механические свойства, допустимые отклонения	- ГОСТ 4784-97 (алюминиевые сплавы) - ISO 9453 (микроструктура чугунов) - ASTM B209 (мех. свойства алюминия)	Обеспечивают стабильность материалов в ответственных конструкциях (авиация, энергетика и др.)
Технологические	Регламентируют параметры производственных процессов	- ГОСТ 12.3.002-75 (безопасность при плавке) - ISO 4990 (контроль при прокатке) - ASTM E8/E8M (испытания)	Снижение брака, стабильность свойств, унификация температур и скорости деформации
Экологические	Минимизируют негативное воздействие на окружающую среду	- ISO 14001 (экологический менеджмент) - ГОСТ Р ИСО 50001-2012 (энергоменеджмент) - EN 15804 (LCA-анализ)	Снижение выбросов, повышение энергоэффективности, переход к «зелёной» металлургии

Материальные, технологические и экологические стандарты взаимно дополняют друг друга. Например, требования к химическому составу сплава (материальный стандарт) определяют выбор режимов термообработки (технологический стандарт), а их соблюдение снижает энергозатраты, что соответствует экологическим нормам (рис.).

Внедрение стандартов в металлургии оказывает прямое влияние на качество продукции, экономическую эффективность и экологическую устойчивость предприятий. Рассмотрим ключевые аспекты их применения.

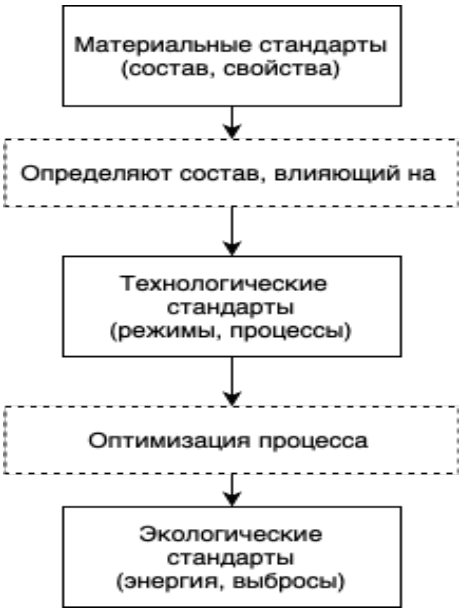


Рис. Схема взаимосвязи стандартов

Снижение производственного брака

Унификация требований к материалам и процессам позволяет минимизировать отклонения в свойствах продукции. Например:

На АО «РУСАЛ Братск» внедрение стандарта ISO 9001 для контроля качества алюминиевых сплавов сократило долю брака на 17% за счет автоматизации входного контроля сырья и внедрения статистических методов управления процессами.

Применение ГОСТ 5632-2019 (для коррозионностойких сталей) на Магнитогорском металлургическом комбинате (ММК) снизило количество дефектов в листовом прокате на 22%, что связано с четкими требованиями к содержанию хрома и никеля.

Упрощение экспортной сертификации

Соответствие международным стандартам открывает доступ к глобальным рынкам:

Компания НЛМК успешно сертифицировала стальные изделия по ASTM A36, что позволило поставлять продукцию в страны Северной Америки без дополнительных испытаний.

Внедрение EN 10204 (европейский стандарт на сертификаты качества) на Челябинском трубопрокатном заводе (ЧТПЗ) сократило сроки оформления экспортной документации на 30%.

Примеры для инновационных материалов

Высокопрочные алюминиевые сплавы: Стандарт AMS 4418 (для сплава Al-Zn-Mg-Cu) используется в аэрокосмической отрасли. Его применение на ВСМПО-АВИСМА обеспечило соответствие продукции требованиям Airbus и Boeing, что подтверждено испытаниями на усталостную прочность.

Композиты: Стандарт ISO 527-5 регламентирует методы испытаний полимерных композитов. Внедрение этих норм на предприятии «Композит» (Казань) позволило увеличить долговечность углепластиковых конструкций на 25% за счет оптимизации режимов отверждения.

Экономический эффект

Стандартизация снижает издержки за счет:

-уменьшения затрат на переделку бракованной продукции;

- сокращения времени на согласование технических условий с заказчиками;

- повышения эффективности использования ресурсов (энергия, сырье).

Материальные стандарты (например, ГОСТ 4784-97) обеспечивают стабильность химического состава, что напрямую влияет на механические свойства.

Технологические стандарты (ISO 4990) унифицируют процессы, предотвращая человеческие ошибки.

Экологические стандарты (ISO 14001) снижают штрафы за загрязнение и улучшают имидж компании.

Несмотря на значительные успехи в области стандартизации, металлургическая отрасль сталкивается с рядом вызовов, требующих системных решений.

Ключевые проблемы

1. Гармонизация национальных и международных стандартов

Различия в требованиях ГОСТ и ISO/ASTM осложняют экспорт продукции. Например, российский стандарт ГОСТ 5632-2019 для нержавеющих сталей допускает отклонения по содержанию никеля до ±0,5%, тогда как ASTM A240 требует точности ±0,3%. Это приводит к необходимости дополнительных испытаний для подтверждения соответствия, увеличивая сроки и стоимость сертификации.

2. Отсутствие стандартов для инновационных технологий

Аддитивные технологии: нет единых норм для 3D-печати металлами, что затрудняет контроль пористости и остаточных напряжений. Например, в ЕС только начинается разработка ISO/ASTM 52900, тогда как в России подобные инициативы отсутствуют.

«Зеленая» металлургия: Недостаток стандартов по углеродному следу (например, для водородной плавки) и рециклингу. Только 12% российских предприятий используют стандарты жизненного цикла (LCA) для оценки экологичности.

3. Цифровизация процессов стандартизации

Устаревшие методы мониторинга (бумажные журналы, ручной ввод данных) замедляют процессы контроля. Внедрение цифровых платформ (например, на базе блокчейна) остается локальным, а не отраслевым решением.

Перспективные направления

1. Разработка стандартов для новых технологий

Создание межотраслевых рабочих групп для регламентации аддитивного производства. Опыт ЕС (AM-Motion) показывает, что унификация требований к параметрам печати (скорость, температура) повышает качество изделий на 25%.

Внедрение стандартов ISO 14067 для расчета углеродного следа и EN 45554 для рециклинга металлов.

2. Гармонизация нормативной базы

Интеграция российских ГОСТ в систему IEC (Международная электротехническая комиссия) для упрощения доступа к глобальным рынкам. Например, гармонизация ГОСТ Р 58121-2018 с ISO 9001 уже позволила 30% предприятий сократить затраты на сертификацию.

3. Цифровые инструменты

Внедрение платформ на базе искусственного интеллекта для автоматического контроля соответствия стандартам. Пилотный проект на Новолипецком металлургическом комбинате (НЛМК) с использованием AI для анализа микроструктуры сплавов сократил время проверки с 8 часов до 15 минут.

4. Обучение и международное сотрудничество

Создание образовательных программ по стандартизации для инженеров и технологов. Например, курс «Цифровая металлургия» в НИТУ «МИСиС» включает модули по работе с ISO и ASTM.

Участие в международных консорциумах (например, World Steel Association) для обмена опытом.

5. Связь с практическим применением

Решение указанных проблем напрямую повлияет на эффективность стандартизации. Например, гармонизация ГОСТ и ISO снизит барьеры для экспорта, а цифровизация ускорит процессы контроля качества, что усилит позиции российских предприятий на мировом рынке.

Стандартизация как основа конкурентоспособности

Результаты исследования подтверждают, что стандартизация является ключевым инструментом обеспечения качества, безопасности и экологичности металлургической продукции. Унификация требований к химическому составу сплавов (ГОСТ, ASTM) и технологическим процессам (ISO 4990) способствует снижению брака на 15–25% и повышению доверия со стороны международных партнёров.

Перспективы для инновационных направлений

Аддитивные технологии: Разработка стандартов для 3D-печати металлами (аналогично ISO/ASTM 52900) позволит контролировать дефекты и остаточные напряжения, что критически важно для аэрокосмической и медицинской отраслей.

«Зелёная» металлургия: Внедрение норм по углеродному следу (ISO 14067) и рециклингу (EN 45554) сократит экологическое воздействие отрасли. Например, переход на водородную плавку в ЕС уже демонстрирует снижение выбросов CO₂ на 40%.[30]

Гармонизация стандартов

Интеграция российских ГОСТ с международными нормами (ISO, ASTM) необходима для упрощения экспортных процедур. Пилотные проекты, такие как адаптация ГОСТ Р 58121-2018 к требованиям ISO 9001, показали снижение затрат на сертификацию на 20–25%.

Цифровизация процессов

Внедрение AI-платформ для автоматизации контроля (например, анализ микроструктуры сплавов) и блокчейн-систем для отслеживания соответствия стандартам ускорит процессы и минимизирует человеческие ошибки. Опыт НЛМК подтверждает, что цифровизация сокращает время проверок в 30 раз.

Рекомендации для отрасли

Создать межведомственные рабочие группы для разработки стандартов под аддитивные технологии и рециклинг.

Внедрить образовательные программы по стандартизации для инженеров (например, на базе НИТУ «МИСиС»).

Усилить участие в международных организациях (IEC, World Steel Association) для обмена опытом.

Стандартизация в металлургии трансформируется из вспомогательного инструмента в стратегический фактор глобальной конкурентоспособности. Решение проблем гармонизации, цифровизации и экологизации позволит российским предприятиям не только соответствовать мировым требованиям, но и задавать новые тренды в отрасли. Дальнейшие исследования должны быть направлены на стандартизацию гибридных материалов и внедрение цифровых двойников для прогнозирования качества продукции.

Список литературы

1. ГОСТ Р 58121-2018 Стандартизация в промышленности. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2018. – 15 с.

2. ГОСТ 5632-2019 Легированные нержавеющие стали и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные. – М.: Стандартинформ, 2019. – 34 с.

3. ГОСТ 4784-97 Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки. – М.: Издательство стандартов, 1997. – 12 с.

4. ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements. – Geneva: ISO, 2015. – 29 p.

5. ISO 14001:2015 Environmental management systems – Requirements. – Geneva: ISO, 2015. – 35 p.

6. ISO/ASTM 52900:2021 Additive manufacturing – General principles – Fundamentals and vocabulary. – Geneva: ISO, 2021. – 18 p.

7. ASTM A240/A240M-22 Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications. – West Conshohocken: ASTM International, 2022. – 10 p.

8. EN 45554:2020 General methods for the assessment of the ability to repair, reuse and upgrade energy-related products. – Brussels: CEN, 2020. – 45 p.

9. Smith, J. Global Trends in Metallurgical Standardization // *Materials Today*. – 2023. – Vol. 67. – P. 45–52. DOI: 10.1016/j.mattod.2023.01.005

10. Данные портала «Чермет» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://chermet.net/standardization/ (дата обращения: 10.04.2025).

11. World Steel Association Sustainability Indicators 2023 Report [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://worldsteel.org (дата обращения: 10.10.2023).

12. Металлургический бюллетень НЛМК Цифровизация контроля качества: опыт внедрения AI // *Индустрия 4.0*. – 2023. – № 5. – С. 34–38.

13. Глухих, Я. М. Параметры и свойства материалов при низкотемпературном освещении ОКГ интеллектуальных электронных технических систем АПК / Я. М. Глухих, Д. А. Кудряшова, Т. А. Левина // Научно-исследовательские решения высшей школы: Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань, 26 декабря 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет, 2023. – С. 15-16. – EDN LQDEAM.

14. Совершенствование технологии и средств контроля сенсорных компонентов сельскохозяйственной техники / А. Я. Клочков, А. И. Чернявский, Я. М. Клочков, Д. А. Кудряшова // СМИС-2024. Технологии управления качеством: Материалы Международной научно-технической конференции, Москва, 22–24 мая 2024 года. – Москва: Московский Политех, 2024. – С. 420-428. – EDN AXICWL.

15. Стандартизация и пути повышения надёжности полупроводниковой элементной базы машиностроения / А. Я. Клочков, А. С. Морозов, А. Р. Честных [и др.] // СМИС-2024. Технологии управления качеством: Материалы Международной научно-технической конференции, Москва, 22–24 мая 2024 года. – Москва: Московский Политех, 2024. – С. 36-43. – EDN GCZCXF.

16. Левина, Т. А. Влияние затрат на менеджмент качества на себестоимость продукции и эффективность производства / Т. А. Левина // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2014. – № 3. – С. 168-175. – EDN SNTPWH.

17. Разработка и стандартизация методов определения тяжелых цветных металлов в продуктах цветной металлургии / Н. П. Акимова, Л. Н. Васильева, З. Н. Воронина, Ю. О. Мамаев // Цветная металлургия. – 2008. – № 11. – С. 21b-22. – EDN KAWMKP.

18. Казанцева, Н. К. Стандартизация в области порошковой металлургии и аддитивного производства / Н. К. Казанцева, В. С. Попов, Г. А. Ткачук // Стандарты и качество. – 2018. – № 11. – С. 104-409. – EDN YMIADB.

19. Карпов, Ю. А. Проблемы стандартизации методов химического анализа в металлургии / Ю. А. Карпов, В. Б. Барановская // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2019. – Т. 85, № 1-2. – С. 5-14. – DOI 10.26896/1028-6861-2019-85-1-II-5-14. – EDN YXLHCX.

20. Клочков, Я. М. Влияние циркония и скандия на свариваемость экспериментального сплава системы Al-Ca-Zn-Mg / Я. М. Клочков, В. В. Овчинников // СМИС-2024. Технологии управления качеством: Материалы Международной научно-технической конференции, Москва, 22–24 мая 2024 года. – Москва: Московский Политех, 2024. – С. 114-119. – EDN PYFMCR.

21. Кудряшова, Д. А. Релаксационные процессы технической эксплуатации полупроводниковых материалов и структур в технике / Д. А. Кудряшова, Я. М. Глухих, Т. А. Левина // Инновационные инженерные решения для АПК: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Рязань, 28 марта 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 200-204. – EDN OSSVTB.

Бабуев М.А.
инженер,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
z20130@yandex.ru
Овчинников В.В.
д.т.н/, профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ ПРЕССОВАННОЙ МИШЕНИ CU–M_O

Аннотация. Приведены результаты комплексных исследований физико-механических и трибологических свойств титанового сплава ВТ6 с нанесенным антифрикционным покрытием Cu–Mo. Установлены закономерности формирования физико-механических и трибологических свойств сплава ВТ6 с композиционным покрытием Cu–Mo, полученным низкотемпературным магнетронным напылением с одновременным ассистирующим воздействием газоразрядной плазмой. Показано существенное улучшение свойств титанового сплава ВТ6 с такими покрытиями. Установлено увеличение твердости покрытия при высоких значениях адгезии (прочности сцепления) покрытия с титановой подложкой. Сравнительные трибологические испытания в режиме сухого трения показали, что среднее значение коэффициента трения уменьшается в 9,5–9,8 раза, а интенсивность изнашивания поверхностного слоя снижается на 2 порядка.

Ключевые слова: титановый сплав ВТ6, магнетронное распыление, композиционное покрытие, несмешивающиеся компоненты, твердость, адгезия, коэффициент трения, износостойкость.

Babuev M.A.
Engineer
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
z20130@yandex.ru
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

MAGNETRON SPUTTERING OF A PRESSED TARGET CU–M_O

Abstact. The results of comprehensive studies of the physico-mechanical and tribological properties of the titanium alloy VT6 with the applied antifriction coating Cu–Mo are presented. The regularities of the formation of the physico-mechanical and tribological properties of the VT6 alloy with the Cu–Mo composite coating obtained by low-temperature magnetron sputtering with simultaneous assistance effect of gas-discharge plasma are established. An increase in the hardness of the coating at high values of adhesion (adhesion strength) of the coating with the titanium substrate was established. Comparative tribological tests in the dry friction mode have shown that the average value of the friction coefficient decreases by 9.5–9.8 times, and the intensity of wear of the surface layer decreases by 2 orders of magnitude.

Keywords: titanium alloy VT6, magnetron sputtering, composite coating, immiscible components, hardness, adhesion, coefficient of friction, wear resistance.

Современные тонкопленочные покрытия, формируемые методами осаждения различных материалов в вакууме, получили широкое распространение в различных областях, в том

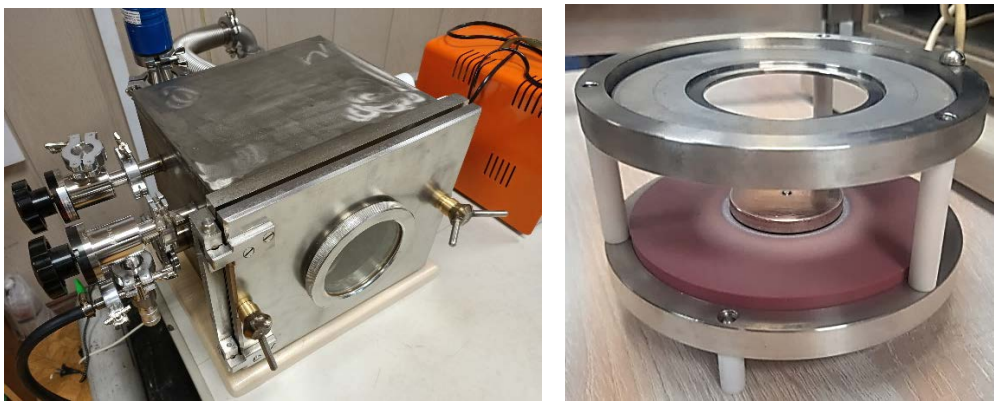
числе, и в многочисленных отраслях машиностроения. Всплеск работ, направленных на разработку и исследования технологий формирования вакуумных покрытий, обеспечивающих повышение износостойкости деталей и снижение трения в узлах механизмов, инициирован возникновением таких направлений, как нанотехнологии и наноинженерия поверхности.

Последние три десятилетия знаменательны большим количеством работ в области создания и развития вакуумных технологий нанесения твердосмазочных покрытий на основе слоистых анизотропных материалов. Перспективы применения этих покрытий связаны с уникальными трибологическими характеристиками, открытием аномально низкого трения. Последняя особенность определяет применимость этих покрытий для прецизионных узлов трения вакуумного технологического оборудования [1–4].

Анализ литературных источников показывает, что даже менее существенные отклонения в стехиометрическом составе покрытия приводит к значительному изменению их свойств. Следовательно, разработка технологии формирования на поверхности изделий однородных, воспроизводимых по составу покрытий из композиционных материалов из несмешивающихся компонентов (НК) является актуальной задачей.

Для проведения экспериментальных исследований предварительно была осуществлена подготовка распыляемых композитных мишеней на основе порошков меди и молибдена. В исследованиях применялась распыляемая мишень, полученная механическим перемешиванием порошков меди и молибдена в соотношении 1:1 с последующим холодным прессованием.

Работы по распылению изготовленных мишеней и нанесению покрытий на их основе на титановый сплав ВТ6 проводились на вакуумной лабораторной установке, оснащенной автономным источником ионов и сбалансированными магнетронными распылительными системами под планарные мишени диаметром 38 мм (рис. 1).



а *б*

Рис. 1. Внешний вид лабораторной вакуумной установки (а) и магнетрона (б), используемых для нанесения покрытий методом магнетронного распыления

Вакуумная система установки состоит из механического форвакуумного и паромасляного насосов и обеспечивает достижение остаточного вакуума в технологической камере на уровне 10^{-3} Па. Двухканальная газовая система с компьютерным управлением обеспечивает формирование газовой смеси требуемом соотношении на основе рабочего (аргон) и реактивного (азот) газов. Нанесение покрытий осуществлялось при давлении аргона порядка 10^{-1} Па. Покрытия наносились на пластинки из титанового сплава ВТ6, шероховатость поверхности которых составляла порядка 0,4 *Ra*. Перед нанесением покрытий предварительно выполнялась обработка поверхности потоком ионов аргона из автономного источника ионов с холодным катодом.

Целью проводимых исследований являлось изучение особенностей распыления многокомпонентной прессованной мишени на основе металлов (медь и молибден) и исследование химического состава покрытий, синтезируемых распылением такой мишени.

Распыление прессованной мишени на основе несмешивающихся компонентов осуществлялось на следующих режимах: напряжение 500–600 В; мощность, подводимая к маг-

нетрону 120–150 Вт; давление аргона в камере 2–3 мкБар; время напыления 2–10 минут; расстояние между напыляемой мишенью и подложкой 70 мм; температура нагрева подложки в процессе напыления 100–120 °С.

Изучение поверхности мишени и образцов выполнялось на растровом электронном микроскопе «VEGA II» Tescan, оснащенного рентгеноспектральным микроанализатором «INCA 350» фирмы «Oxford Instruments», который использовался при измерении химического состава поверхности мишеней и полученных покрытий.

Измерение толщины композиционного покрытия проводилось на рентгенофлуоресцентном толщиномере Fisherscope X-RAY XDV-SDD (Fischer GMBH, Германия).

Определение коэффициента трения и износостойкости образцов с различным временем напыления покрытия осуществлялось на автоматической машине трения «TRIBOMETER», CSM Instr. Испытания проводились на следующем режиме: частота вращения образца 100 об/мин, контртело из стали ШХ-15 (ГОСТ 801-78), сила нагружения пары трения 100 Н. Испытания проводились по схеме «шар-диск» в условиях сухого трения в течение 60 минут для каждого исследуемого образца. В процессе испытаний через каждые 2 минуты регистрировался момент трения образцов.

Для каждого значения мощности разряда соответствует свое значение скорости распыления. Поэтому для каждой мощности разряда толщина напыляемого покрытия будет прямо пропорционально зависеть от времени напыления. На рисунке 2 приведены зависимости толщины покрытия от времени напыления при мощности, подводимой к магнетрону, равной 130 Вт.

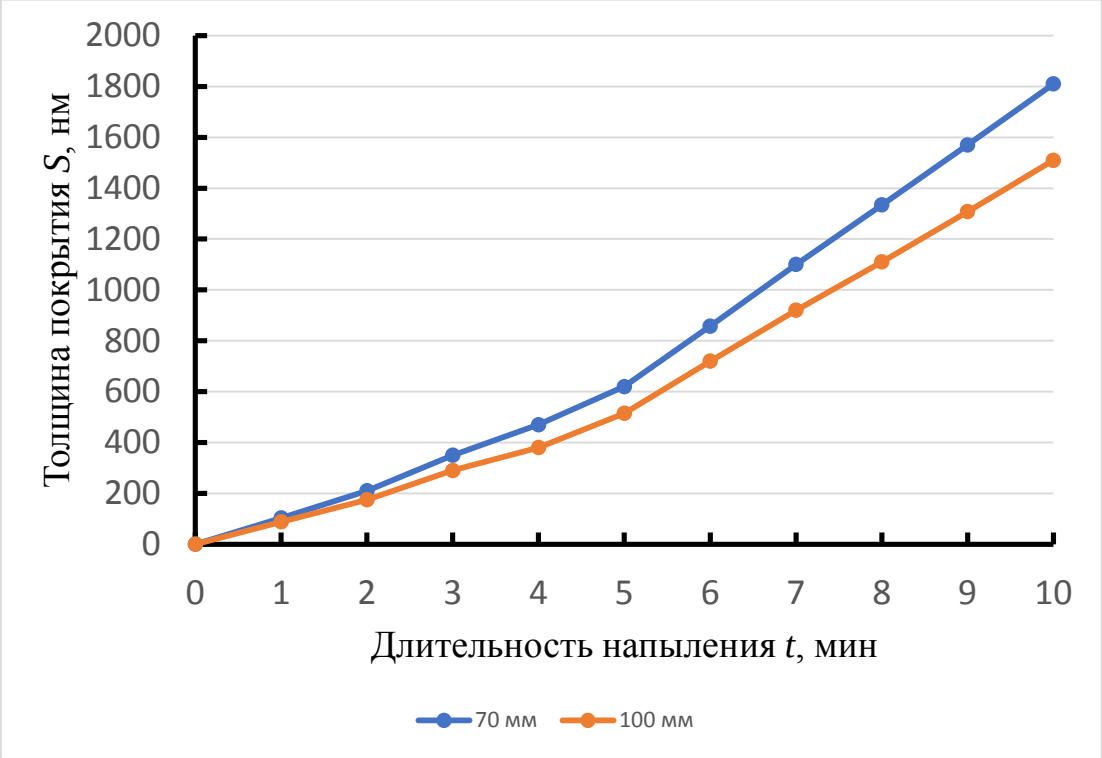


Рис. 2. Зависимость толщины напыленного слоя S от длительности t процесса напыления при мощности подводимой к магнетрону 130 Вт и расстоянии между мишенью и подложкой 70 и 100 мм

Зависимость толщины покрытия от времени напыления имеет выраженную линейную зависимость. При этом при времени напыления более 5 минут наблюдается перегиб прямых в сторону увеличения толщины покрытия. Расстояние между мишенью и подложкой играет существенную роль в формировании толщины покрытия. Это проявляется в том, что при расстоянии между мишенью и подложкой 70 мм толщина покрытия превосходит толщину покрытия при расстоянии между мишенью и подложкой 100 мм при одинаковых значениях времени напыления.

Были проведены исследования влияния времени напыления на содержание в покрытии меди и молибдена. Полученные данные (таблица) свидетельствуют о некотором изменении соотношения меди и молибдена в составе покрытий в процессе варьирования времени напыления. Так, с увеличением времени использования мишени происходит нарастание доли молибдена в составе покрытия и одновременное снижение доли меди.

Таблица

Химический состав покрытий, нанесенных распылением мишени Cu+Mo

Длительность напыления покрытия, мин.	Ti, масс.%	Cu, масс.%	Mo, масс.%
2	43,39	20,99	12,83
5	12,72	19,04	38,96
10	6,67	15,83	41,24

Анализ данных таблицы 1 показывает, что с увеличением длительности напыления покрытия наблюдается резкое снижение в нем концентрации титана, поступающего из подложки. Так при увеличении длительности напыления с 2 до 10 минут концентрация титана в покрытии снизилась в 6,5 раз.

Также увеличение длительности напыления сказывается на снижении содержания меди в покрытии с 20,99 до 15,83 масс. %. Данное снижение обусловлено увеличением концентрации других элементов, и в частности, молибдена в покрытии. Полученные результаты свидетельствуют от том, что разогрев мишени при увеличении длительности напыления мало сказывается на скорости распыления меди.

Увеличение времени распыления мишени приводи к увеличению содержания молибдена в напыленном покрытии с 12,83 масс. % (при времени распыления 2 минуты) до 41,24 масс. % (при времени распыления 10 минут). Таким образом увеличение времени распыления привело к повышению содержания молибдена в покрытии в 3,2 раза.

Увеличение времени напыления покрытия свыше 10 минут не привело к существенному увеличению содержания молибдена в покрытии. Так при времени напыления 16 минут содержание молибдена в покрытии составило 41,47–41,90 масс. %.

На рис. 3 приведена зависимость изменения коэффициента трения от количества оборотов диска (времени испытаний) для исходного сплава ВТ6 без покрытия при фрикционном взаимодействии с индентором из закаленной стали ШХ-15. Средние значения исходного коэффициента трения, определенные при испытаниях в 3000 оборотов диска для сплава ВТ6 без покрытия составили 0,445.

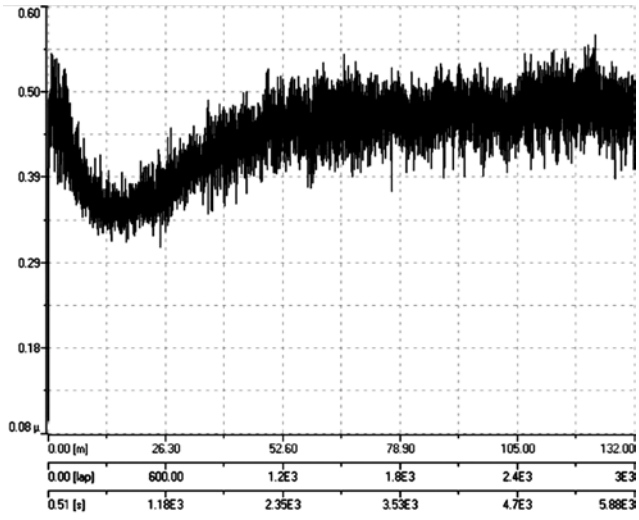


Рис. 3. Изменение коэффициента трения для пары индентор из стали ШХ-15 – сплав ВТ6 без покрытия. Нагрузка на индентор 10 Н, скорость относительного перемещения контртел 2 см/с

На рисунке 4 приведены результаты измерений коэффициента трения при этих же испытаниях для сплава ВТ6 с покрытием, полученном при магнетронном распылении мишени Cu–Mo в течение 10 минут. Из рисунка видно, что поведение кривых несколько отличается. Для образцов сплава ВТ6 с магнетронным покрытием Cu–Mo наблюдается более кратковременный период приработки. Коэффициент трения выходит на постоянное значение ~ 0,045–0,05 примерно через 600–650 оборотов диска. Следовательно, можно заключить, что магнетронно-плазменное нанесение покрытия Cu–Mo позволило снизить коэффициент трения титанового сплава ВТ6 в 9,5–9,8 раза. Отмеченные различия в характере приработки и значениях коэффициентов трения, предположительно, могут быть связаны с отличиями в структурно-фазовом состоянии исходных материалов подложки и воспроизведением ее морфологии начально-осаждаемыми слоями покрытия.

Трибологические испытания проводили по схеме «диск–стержень» (рис. 4) на автоматизированной машине трения марки «TRIBOMETER», CSM Instr. Испытания проводили на воздухе. Указанные испытания соответствуют международным стандартам и могут быть использованы для оценки износостойкости образца и контртела.

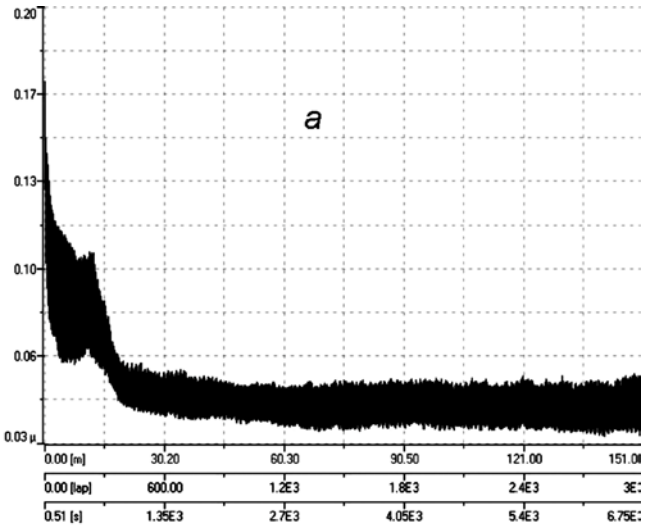


Рис. 4. Изменение коэффициента трения для пар ШХ-15 – ВТ6 с покрытием Cu–Mo

Из рисунка 5 видно, что износостойкость покрытий системы Cu–Mo, осажденных на поверхности титанового сплава ВТ6 методом магнетронного напыления зависит от содержания молибдена в структуре.

Усредненные по шести измерениям площади поперечного сечения треков износа составили: для исходного сплава ВТ6 без покрытия 14463 мкм^2; для этого же сплава с покрытием, осажденным в течение 2 минут – 22,8 мкм^2; для сплава ВТ6 с покрытием, осажденным в течение 10 минут – 11,3 мкм^2. Таким образом, можно констатировать, что интенсивность изнашивания титанового сплава ВТ6 с нанесенным покрытием Cu–Mo в паре с закаленной до HRC 63 сталью ШХ-15 при использованной методике испытаний и оценки их результатов уменьшается в 250–400 раз. При этом наименьшие значения износа получены в случае содержания молибдена в покрытии 38,96–41,24 масс. %.

Выявлены закономерности формирования физико-механических и трибологических свойств титанового сплава ВТ6 с композиционным покрытием на основе системы Cu–Mo, получаемыми низкотемпературным магнетронным напылением с одновременным ассистирующим воздействием газоразрядной плазмой.

Показано, что с увеличением времени магнетронного распыления покрытия с 2 до 10 минут наблюдается увеличение содержания молибдена в покрытии с 12,83 до 41,24 масс. %. Одновременно содержание меди в покрытии снижается с 20,99 до 15,83 масс. %. Повышение концентрации меди в покрытии можно обеспечить за счет применения составной мишени специальной конструкции с уменьшенной толщиной в зоне расположения ее медной части.

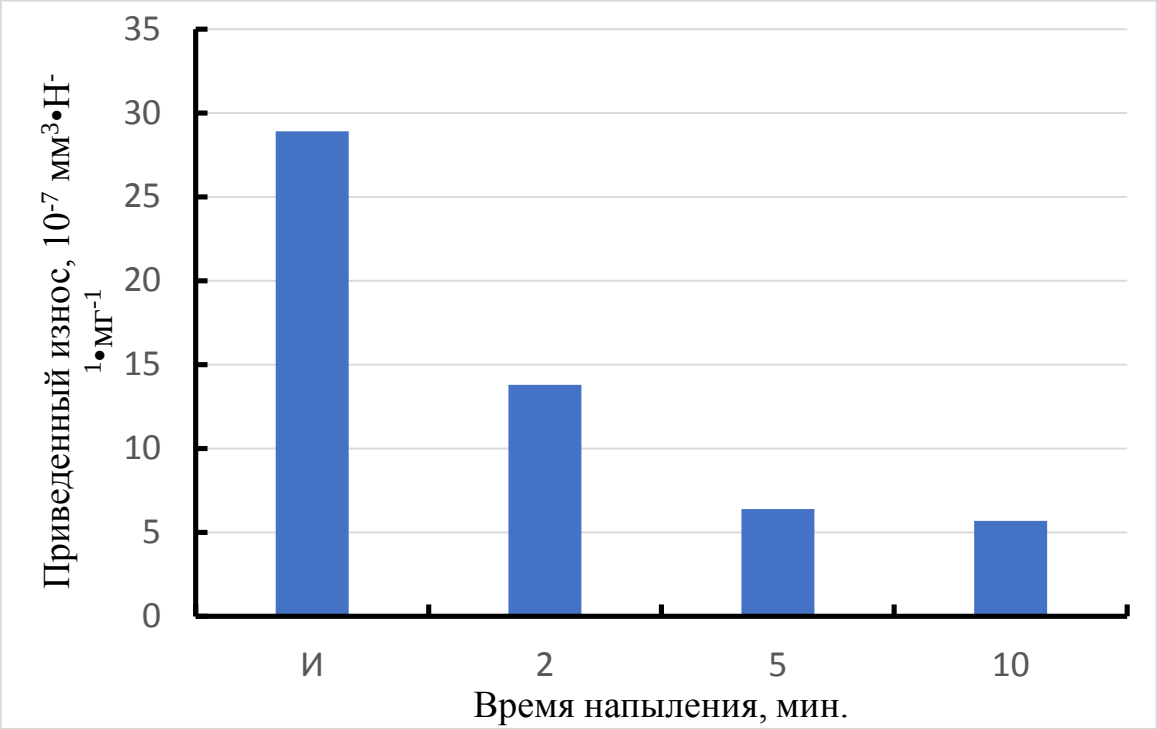


Рис. 5. Приведенный износ покрытий Cu–Mo (в) в зависимости от времени напыления (И – образец без покрытия)

При фрикционных испытаниях в паре с закаленной сталью ШХ-15 установлено, что для титанового сплава ВТ6 нанесение композиционного покрытия состава Cu–Mo магнетронно-плазменным способом позволяет снизить коэффициент трения в 9,5–9,8 раза и повысить сопротивление изнашиванию на 2 порядка.

Результаты получены в процессе выполнения проекта по государственному заданию FZRR-2023-0005 «Разработка основополагающих технологических принципов применения концентрированных потоков энергии для получения новых импортозамещающих композиционных материалов специального назначения на основе систем несмешивающихся компонентов».
Исследования выполнены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Наукоемкие технологии в машиностроении» Московского политехнического университета.

Список литературы

1. Беликов А.И., Коробова Н.В., Никонов И.И., Берстенев М.В. Формирование комбинированных упрочняющих покрытий вакуумными ионными методами // Материалы 8-й Международной конференции «Пленки и покрытия – 2007». – С-Петербург, 2007. – С. 81-87.

2. Беликов А.И., Калинин В.Н., Никонов И.И. Вакуумная технология формирования нанокомпозитных твердосмазочных покрытий методом магнетронного распыления композитной мишени. // Материалы XX Научно-технической конференции с участием зарубежных специалистов «Вакуумная наука и техника». – М., 2013. – С.194-198.

3. J.R. Lince, H.I. Kim, P.M. Adams, D.J. Dickrell, M.T. Dugger. Nanostructural, electrical, and tribological properties of composite Au–MoS_2 coatings. // Thin Solid Films, №517, 2009. – С.5516–5522.

4. Dervaux J., Cormier P. A., Moskovkin P., Douheret O., Konstantinidis S., Lazzaroni R., Lucas S., Snyders R. Synthesis of nanostructured Ti thin films by combining glancing angle deposition and magnetron sputtering: A joint experimental and modeling study // Thin Solid Films. – 2017. – Vol. 636. – P. 644-657.

Велем Р.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
velemroma@gmail.com
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДУАКМ НА ОСНОВЕ СПЛАВА Д16 С ДЕФОРМИРУЕМЫМ АЛЮМИНИЕВЫМ СПЛАВОМ СИСТЕМЫ AL–CU–MG

Аннотация. Показан принципиальная возможность получения качественных бездефектных соединений пластин сплава системы Al–Cu–Mg и дисперсно-упрочненного алюматричного композиционного материала на основе матрицы из сплава Д16Т, упрочненной частицами оксида алюминия Al_2O_3 с объемной долей 20%, толщиной 6 мм. Коэффициент прочности сварных соединений сплава системы Al–Cu–Mg с ДУАКМ Д16Т + 20% Al_2O_3 составил 0,82–0,83. При этом коэффициент прочности металла зоны перемешивания превосходит по величине коэффициент прочности сварного соединения. Разрушение соединений при испытаниях происходит по зоне термического влияния материала, расположенного со стороны отхода рабочего инструмента. Поэтому при сварке стыковых соединений алюминиевых сплавов в разноименном сочетании со стороны отхода рабочего инструмента следует располагать сплав, обеспечивающий формирование бездефектного соединения в более широком диапазоне параметров режима.

Ключевые слова: сварка трением с перемешиванием, дисперсно-упрочненный композиционный материал, алюминиевый сплав, механические свойства, структура, зона перемешивания.

Velem R.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
velemroma@gmail.com
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF DUAKM BASED ON ALLOY D16 WITH WROUGHT ALUMINUM ALLOY OF THE AL–CU–MG SYSTEM

Abstract. The fundamental possibility of obtaining high-quality defect-free joints of plates of the Al–Cu–Mg alloy system and dispersion-hardened aluminum matrix composite material based on a matrix of D16T alloy, strengthened by particles of aluminum oxide Al2O3 with a volume fraction of 20%, 6 mm thick, is shown. The strength coefficient of welded joints of the Al–Cu–Mg alloy system with DUACM D16T + 20% Al2O3 was 0.82–0.83. In this case, the strength coefficient of the mixing zone metal exceeds the strength coefficient of the welded joint. Destruction of joints during testing occurs in the heat-affected zone of the material located on the side of the working tool waste. Therefore, when welding butt joints of aluminum alloys in a dissimilar combination, an alloy should be placed on the side of the working tool that ensures the formation of a defect-free joint in a wider range of mode parameters.

Keywords: friction stir welding, dispersion-hardened composite material, aluminum alloy, mechanical properties, structure, stir zone.

Дисперсно-упрочненные алюмоматричные композиционные материалы находят применения в конструкциях, эксплуатация которых протекает при повышенных температурах. В качестве упрочняющей фазы используют дисперсные частицы оксидов, карбидов, нитридов и других тугоплавких соединений.

Характерными представителями этого вида композиционных материалов являются материалы, которые состоят из алюминиевой матрицы на основе сплава Д16Т, упрочненной дисперсными частицами оксида алюминия Al_2O_3. Объемное содержание частиц оксида алюминия Al_2O_3 варьируется в пределах 6–25%.

Наряду с дисперсно-упрочненными алюмоматричными композиционными материалами в конструкциях, содержащих узлы, которые длительно эксплуатируются при температуре порядка 180 °С, разрабатываются теплостойкие алюминиевые сплавы, представителем которых является сплав системы Al–Cu–Mg. Указанный сплав относится к системе легирования алюминий–медь–магний и применяется в сварных изделиях разового действия при кратковременном тепловом воздействии с нагревом до температуры 450 °С [1, 2]. Сплав системы Al–Cu–Mg относится к свариваемым алюминиевым сплавам.

Целью данной работы являлось исследование свойств основного металла и сварных соединений сплава 1151Т в разноименном сочетании с дисперсно-упрочненным композиционным материалом на базе сплава Д16Т, полученных сваркой трением с перемешиванием.

В качестве материала для сварки трением с перемешиванием применяли пластины толщиной 6 мм из дисперсно–упрочненного композиционного материала с матрицей из сплава Д16Т, упрочнением частицами Al_2O_3 при их объемном содержании в материале 20%. Химический состав исследуемых полуфабрикатов из сплава 1151Т и ДУАКМ на основе сплава Д16Т представлен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав листов сплавов системы Al–Cu–Mg и дисперсно-упрочненного композиционного материала на основе сплава Д16Т

Сплав	Содержание основных компонентов сплава, масс. %								Содержание примесей, масс. %
	Al	Cu	Mg	Mn	Ti	Zn	Cr	Fe + Si	
Al–Cu–Mg	Осн.	5,54	1,93	0,53	0,09	0,02	0,03	0,18	0,15
ДУАКМ Д16Т + 20% Al_2O_3	Осн.	4,45	1,65	0,72	0,12	–	0,08	0,50	0,12

Механические свойства исследуемых материалов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Механические свойства исследуемых материалов

Материал	Временное сопротивление σ_B, МПа	Условный предел текучести σ_{02}, МПа	Относительное удлинение δ, %
Д16 + 20% Al_2O_3	450	340	3,0
Al–Cu–Mg	446	335	18,2

Стыковые соединения заготовок исследуемых сплавов выполняли сваркой трением с перемешиванием (СТП) на экспериментальной установке, созданной на базе модернизированного вертикального фрезерного станка с числовым программным управлением марки MECOFCS–1040 (Италия) в комплекте со сборочно-сварочной оснасткой.

В общем случае ширина сварного шва зависела от размера заплечика используемого рабочего инструмента. Все сварные соединения, исследованные в данной работе, были выполнены инструментами, которые формировали для листов толщиной 6,0 мм шов шириной ~16 мм. Режимы сварки образцов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Режимы СТП исследуемых сплавов

Материал	Частота вращения инструмента ω, об/мин	Скорость подачи инструмента (скорость сварки) $V_{св}$, мм/мин	Угол наклона инструмента в плоскости свариваемых кромок α, град.	Усилие прижатия инструмента, P, кгс
Al–Cu–Mg	650	80–95	2	2000
Д16 + 20% Al_2O_3	1000	56–60	3	1100

Определение механических характеристик ($\sigma_в$, α,) сварных соединений проводили в соответствии с ГОСТ 6996-66. Временное сопротивление при растяжении и угол статического изгиба определяли на установке Zwick/Roell Z030.

Для определения временного сопротивления металла ядра шва испытывались специальные образцы с зачищенной заподлицо с поверхность основного металла швом и с уменьшенной шириной образца до 6 мм за счет полукруглых выборок радиусом 5 мм [3].

Испытания на усталость проводили по ГОСТ 25.502–79 «Методы испытаний на усталость» при коэффициенте асимметрии цикла R = –1, на базе 10 000000 циклов при частоте 65–70 Гц, предел ограниченной выносливости определяли с вероятностью 50% способом наименьших квадратов.

На рисунке 1 представлен внешний вид швов на исследуемых материалах, полученных на режимах в соответствии с таблицей 3. Из представленных фотографий можно отметить, что формирование шва на алюминиевом сплаве системы Al–Cu–Mg не представляет затруднений. На лицевой поверхности сварного шва наблюдается формирование периодического рельефа, наличие которого характерно для швов, полученных сваркой трением с перемешиванием. Со стороны ДУАКМ на основе сплава Д16Т можно заметить образование грата по краю зоны перемешивания.

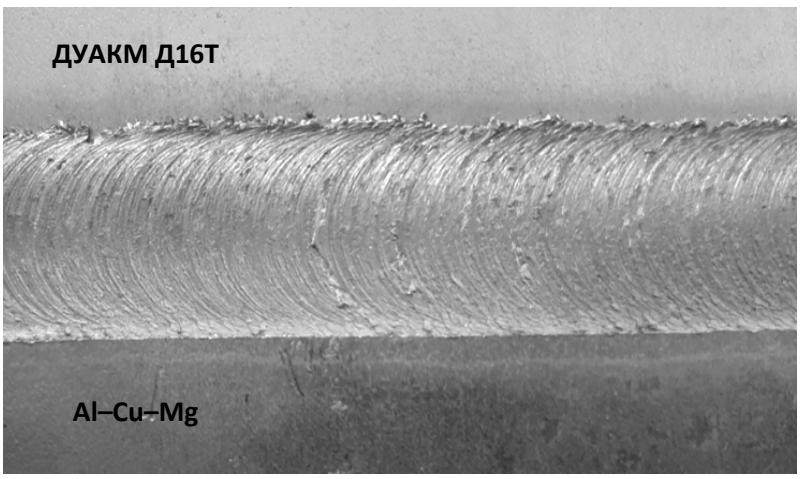


Рис. 1. Внешний вид лицевой поверхности сварного соединения алюминиевого сплава системы Al–Cu–Mg с ДУАКМ Д16Т + 20% Al_2O_3

Шероховатость лицевой поверхности сплава системы Al–Cu–Mg с ДУАКМ Д16 + 20% Al_2O_3 составила по величине Rz 70–95 мкм.

Внешний осмотр сварных соединений и результаты рентгеновского контроля показали, что на применяемых параметрах режима сварки трением с перемешиванием удалось получить соединение сплава системы Al–Cu–Mg с ДУГКМ Д16 + 20% Al_2O_3 без внутренних дефектов.

На рисунке 2 представлена макроструктура соединений исследуемых материалов. Макроструктура соединения исследуемых материалов в разноименном характеризуются наличием характерных для соединений, выполненных сваркой трением с перемешиванием структурных зон: зоны шва (ЗП), зоны термомеханического воздействия (ЗТМВ), зоны термического влияния (ЗТВ) и основного металла (ОМ). При выполнении соединения, макроструктура которого приведена на рис. 2, ДУАКМ Д16 + 20% Al_2O_3 располагался со стороны набегания рабочего инструмента.

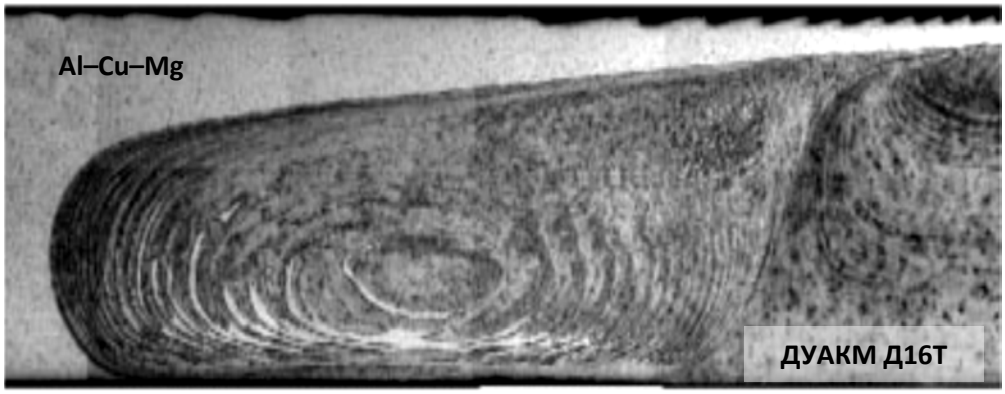


Рис. 2. Макроструктура сварного соединения сплава системы Al–Cu–Mg с ДУАКМ Д16Т + 20% Al_2O_3 (х5)

Анализ макроструктуры соединения показывает, что ядро шва занимает практически 80% толщины соединяемых заготовок. Можно заметить, что лицевая поверхность шва сформирована в основном за счет сплава системы Al–Cu–Mg. Со стороны ДУАКМ Д16 + 20% Al_2O_3 можно отметить наличие зоны термомеханического воздействия, непосредственно примыкающей ко шву.

Результаты механических испытаний сварных соединений исследуемых материалов представлены в таблице 4.

Таблица 4

Механические свойства сварных соединений исследуемых материалов, полученные сваркой трением с перемешиванием

Материал	Временное сопротивление сварного соединения σ_B, МПа	Коэффициент прочности сварного соединений	Временное сопротивление металла шва $\sigma_B^{Ш}$, МПа	Коэффициент прочности металла шва	Угол изгиба α, град.	Ударная вязкость металла шва KCU, Дж/см^2
Д16 + 20% Al_2O_3	360–382 373	0,80–0,85 0,83	382–396 387	0,85–0,88 0,86	55–68 62	60–65 62
1151Т	351–378 365	0,80–0,82 0,82	368–382 377	0,83–0,86 0,85	95–115 106	62–69 66
1151Т +Д16 + 20% Al_2O_3	350–374 368	0,80–0,82 0,82	370–388 382	0,84–0,87 0,85	71–84 77	60–66 63
Примечание: диаметр оправки для определения угла изгиба сварного соединения равен двум толщинам образца, т.е. 12 мм. Испытания выполнены через 60 суток после сварки.						

Из представленных данных в таблице 4 следует, что механические свойства соединений ДУАКМ + 20% Al_2O_3 и алюминиевого сплава систему Al–Cu–Mg, выполненных сваркой трением с перемешиванием в одноименном сочетании, весьма близки между собой. При этом коэффициент прочности соединений составляет 0,82–0,83.

Разрушение соединений исследуемых материалов в одноименном сочетании происходит по зоне термического влияния со стороны отхода рабочего инструмента (рисунок 3).



Рис. 3. Разрушение образца сварного соединения сплава системы Al–Cu–Mg, выполненного сваркой трением с перемешиванием, при растяжении

Временное сопротивление металла шва как для дисперсно-упрочненного композиционного материала на основе сплава Д16Т, так и для алюминиевого сплава системы Al–Cu–Mg превышает временное сопротивление сварного соединения и коэффициент прочности шва достигает уровня 0,85–0,86.

Следует отметить довольно низкие значения угла изгиба соединения ДУКМ Д16Т + 20% Al_2O_3 по сравнению со значением угла изгиба соединения сплава системы Al–Cu–Mg. При этом значения ударной вязкости металла шва соединений исследуемых сплавов практически идентичны.

При испытании образцов сварных соединений сплава системы Al–Cu–Mg с ДУАКМ Д16Т + 20% Al_2O_3 на статическое растяжение наблюдается разрушение соединений по зоне термического влияния со стороны деформируемого алюминиевого сплава. Из-за такого характера разрушения временное сопротивление соединения исследуемых материалов практически имеет те же значения, что и временное сопротивление соединения сплава системы Al–Cu–Mg в одноименном сочетании.

Значение временного сопротивления металла шва при сварке сплава системы Al–Cu–Mg с ДУАКМ Д16Т + 20% Al_2O_3 составило в среднем 382 МПа, что занимает промежуточное положение между значением прочности шва для сплава системы Al–Cu–Mg и прочности шва ДУАКМ. При этом значение временного сопротивления металла шва превышает значение временного сопротивления сварного соединения в целом.

Значение угла изгиба соединения в разноименном сочетании исследуемых материалов составило 77 градусом, что более близко к характерным значениям угла изгиба для соединений ДУАКМ Д16Т + 20% Al_2O_3. Значение ударной вязкости металла шва для соединения сплава системы Al–Cu–Mg с ДУАКМ составило 63 Дж/см^2, что практически равноценно значениям ударной вязкости швов сплава системы Al–Cu–Mg или ДУАКМ Д16Т + 20% Al_2O_3.

Было исследовано влияние положения свариваемых заготовок из исследуемых материалов относительно направления вращения рабочего инструмента. Для этого проводили сварку в двух варианта, когда со стороны отхода рабочего инструмента находился вначале сплав системы Al–Cu–Mg, а затем ДУАКМ. Полученные результаты испытаний приведены в таблице 5.

Таблица 5

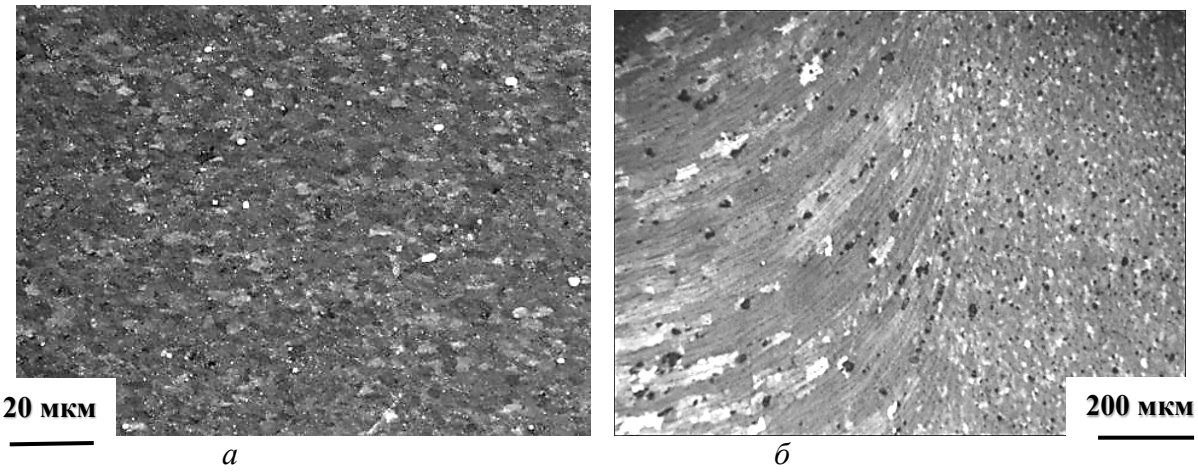
Влияние расположения свариваемых материалов относительно направления вращения рабочего инструмента на механические свойства соединений

Материал, расположенный со стороны отхода рабочего инструмента	Временное сопротивление сварного соединения $\sigma_В$, МПа	Временное сопротивление металла шва $\sigma_В^{Ш}$, МПа	Угол изгиба α, град.	Ударная вязкость металла шва KCU, Дж/см^2
Al–Cu–Mg	368	382	77	63
ДУАКМ Д16 + 20% Al_2O_3	345	386	75	63

Из таблицы 5 видно, что при расположении со стороны отхода рабочего инструмента ДУКМ Д16Т + 20% Al_2O_3 временное сопротивление соединения составляет 345 МПа, в то время как при расположении со стороны отхода луча сплава системы Al–Cu–Mg временное сопротивление выше и составляет 368 МПа. Разрушение соединений при испытаниях происходит по зоне термического влияния материала, расположенного со стороны отхода рабочего инструмента. Поэтому при сварке стыковых соединений алюминиевых сплавов в разноименном сочетании со стороны отхода рабочего инструмента следует располагать сплав, обеспечивающий формирование бездефектного соединения в более широком диапазоне параметров режима.

Следует отметить, что расположение свариваемых сплавов относительно направления вращения рабочего инструмента при сварке трением с перемешиванием не влияет на временное сопротивление металла шва, угол изгиба металла шва и его ударную вязкость. При этом сохраняется превышение временного сопротивления металла шва над временным сопротивлением сварного соединения в целом.

На рисунке 4 приведены микроструктуры различных зон сварного соединения исследуемых сплавов. Для зоны перемешивания (рисунок 4, *а*) соединения ДУАКМ Д16Т + 20% Al_2O_3 со сплавом системы Al–Cu–Mg средний размер зерна составил 3,9±1,4 мкм, что меньше по сравнению со средним размером зерна в зоне перемешивания соединения сплава системы Al–Cu–Mg в однородном сочетании (6,6±1,1 мкм). Возможно, что процесс динамической рекристаллизации измельченных рабочим инструментом зерен полностью не реализовался за счет модифицирующего действия частиц оксида алюминия Al_2O_3.



а *б*

Рис. 4. Микроструктура различных участков сварного соединения сплава системы Al–Cu–Mg с ДУАКМ Д16Т + 20% Al_2O_3:
а – шов (зона перемешивания); б – зона термомеханического воздействия со стороны сплава системы Al–Cu–Mg

В рамках работы был проведен анализ изменения химического состава сварного шва соединения сплава системы Al–Cu–Mg с ДУАКМ Д16Т + 20% Al_2O_3 вдоль направления сварки. Результаты исследования показали, что в продольном сечении сварного шва наблюдается четкое чередование полос каждого из соединяемых материалов, ширина которых составляет 0,15–0,4 мкм и определяется частотой вращения рабочего инструмента (рисунок 5). На представленной рентгеновской карте сварного шва отчетливо видно наличие резкого перехода между полосами соединяемых материалов.

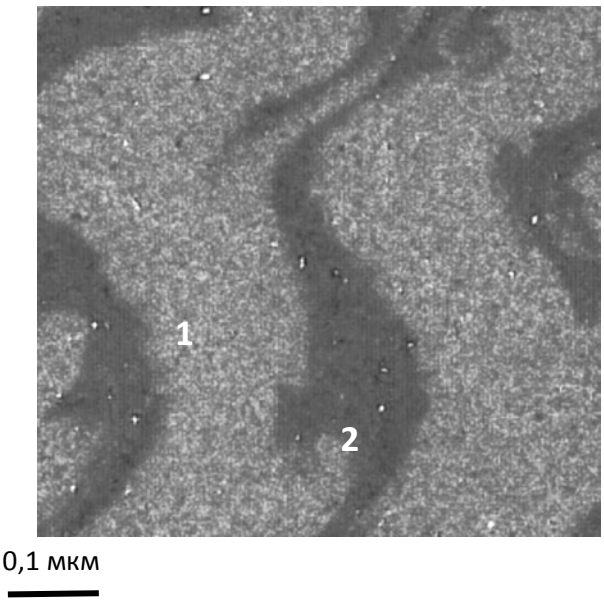


Рис. 5. Микроструктура зоны перемешивания шва соединения сплава системы Al–Cu–Mg с ДУАКМ Д16Т + 20% Al_2O_3 вдоль направления сварки: 1 – ДУАКМ Д16Т + 20% Al_2O_3;2 – сплав Al–Cu–Mg

Результаты испытаний сварных соединений исследуемых материалов на малоцикловую усталость показали, что предел выносливости на базе 10^7, циклов составил 71 МПа. В таблице 6 представлены результаты испытаний на малоцикловую усталость различных вариантов образцов.

Таблица 6

Результаты испытаний основного материала и сварных соединений сплава системы Al–Cu–Mg и ДУКМ Д16Т + 20% Al_2O_3 на малоцикловую усталость

Сплав, состояние термической обработки	Вид образца	Предел выносливости на базе 10^7, циклов, (R = –1, P = 50%), МПа	Место начала разрушения
Al–Cu–Mg	Лист 6 мм, основной металл	115	Край боковой поверхности образца
ДУАКМ Д16Т + 20% Al_2O_3	Лист 6 мм, Основной металл	110	Край боковой поверхности образца
Al–Cu–Mg	Лист 6 мм, сварное соединении (СТП)	95	С лицевой поверхности от бороздок и далее распространяется по зоне термического влияния
ДУАКМ Д16Т + 20% Al_2O_3	Лист 6 мм, сварное соединении (СТП)	68	С лицевой поверхности от бороздок и далее распространяется по зоне термического влияния
Al–Cu–Mg + ДУАКМ Д16Т + 20% Al_2O_3	Лист 6 мм, сварное соединении (СТП)	77	С лицевой поверхности от бороздок и далее распространяется по зоне термического влияния

Установлена возможность получения качественных бездефектных соединений пластин сплава системы Al–Cu–Mg и дисперсно-упрочненного алюмоматричного композиционного материала на основе матрицы из сплава Д16Т, упрочненной частицами оксида алюминия Al_2O_3 с объемной долей 20%, толщиной 6 мм.

Результаты получены в процессе выполнения проекта по государственному заданию FZRR-2023-0005 «Разработка основополагающих технологических принципов применения концентрированных потоков энергии для получения новых импортозамещающих композиционных материалов специального назначения на основе систем несмешивающихся компонентов». Исследования выполнены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Наукоемкие технологии в машиностроении» Московского политехнического университета.

Список литературы

1. Фридляндер И.Н. Современные алюминиевые, магниевые сплавы и композиционные сплавы на их основе. // Металловедение и термическая обработка металлов. 2002. – №7. – С.9–17.

2. Дриц А.М., Овчинников В.В. Сварка алюминиевых сплавов. – М.: Издательство «Руда и металлы», 2017. – 440 с.

3. Овчинников В.В., Дриц А.М., Соловьева И.В. Влияние параметров режима сварки трением с перемешиванием на свойства и структуру соединений листов сплава 1151Т. // Заготовительные производства в машиностроении. 2021. –19. – №1. – С.11–18. DOI: 10.36652/1684-1107-2021-19-1-11-18.

Жданович О.А.
директор департамента образовательных программ ПИШ,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
o.zhdanovich@yandex.ru
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ЭФФЕКТ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ6 ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ИОННОМ И ЛАЗЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Аннотация. В статье рассматривается возможность применения комплексной обработки сплава ВТ6, включающей ионную имплантацию с последующей лазерной обработкой поверхности, с целью повышения эксплуатационных свойств. Приведены результаты сравнительных исследований микротвердости и износостойкости поверхности после различных видов обработки. Показано, что применение комплексной обработки позволяет достичь синергетического эффекта снижения весового износа сплава ВТ6.

Ключевые слова: ионная имплантация, лазерное упрочнение, титановый сплав, микротвердость, износостойкость.

Zhdanovich O.A.
Director of the Department of Educational Programs
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
o.zhdanovich@yandex.ru
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

SURFACE HARDENING EFFECT OF TITANIUM ALLOY VT6 UNDER COMBINED ION AND LASER ACTION

Abstact. The article discusses the possibility of using complex treatment of the VT6 alloy, including ion implantation followed by laser surface treatment, in order to improve the performance properties. The results of comparative studies of microhardness and wear resistance of the surface after various types of treatment are presented. It is shown that the use of complex treatment makes it possible to achieve a synergistic effect of reducing the weight wear of the VT6 alloy.

Keywords: ion implantation, laser hardening, titanium alloy, microhardness, wear resistance.

Современные условия предъявляют постоянно возрастающие требования к эксплуатационным характеристикам различных видов техники. Учитывая, что многие эксплуатационные характеристики определяются структурой и свойствами поверхности материала, весьма актуальным является разработка методов их целенаправленного изменения.

Среди современных конструкционных материалов важное место занимают титановые сплавы благодаря удачному сочетанию свойств.

В настоящее время успешно применяются высокоэнергетические лучевые технологии на основе концентрированных потоков энергии для модифицирования поверхности титановых сплавов: электронно-ионно-квантовые технологии (ЭИКТ), ионно-квантовые технологии (ИКТ) и радиационно-пучковые технологии (РПТ). В отличие от традиционной термомеханической, химико-термической обработки титановых сплавов радиационно-пучковые технологии показывают более высокую эффективность модифицирования приповерхностных слоев. Развивающиеся при этом процессы перестройки структуры происходят в условиях, далеких от термодинамически равновесных, и позволяют получать поверхностные слои с уникальным комплексом физико-механических свойств [1].

При ионной обработке, в частности ионной имплантации, поверхностные свойства материалов претерпевают изменения в результате внедрения высокоэнергетических ионов, вызывающих изменение элементного состава (легирование) и структурно-фазового состояния. С другой стороны, весьма перспективным направлением лазерной технологии с точки зрения модификации свойств материалов является поверхностное лазерное упрочнение, при котором направленно изменяется структурно-фазовое состояние приповерхностных слоев путем импульсной термообработки.

Перспективность такой технологии обусловлена возможностью создания различных новых поверхностных структур с улучшенными физико-химическими и механическими свойствами в достаточно толстых слоях при использовании относительно простого оборудования [2].

Анализ различных технологических процессов показал, что эффективность лазерных методов обработки может быть значительно увеличена за счет создания комбинированных технологий, основанных на объединении лазерных источников с ионными источниками энергетического воздействия на материалы.

Целью данной работы является изучение возможности применения комбинированных методов обработки для титановых сплавов: ионная имплантация с последующим лазерным упрочнением.

В качестве материала для исследования использовались пластины сплава ВТ6толщиной 5 мм размерами 100х100 мм.

Ионная имплантация образцов сплава ВТ6 осуществлялась на установке для ионной имплантации, оснащенной двумя независимыми источниками ионов: источника ионов металла и источника ионов газов (так называемая двулучевая установка).

При работе источник ионов металлов обеспечивает получение широко апертурного пучка круглого сечения диаметром 150 мм при токе пучка ионов 0,1–1 А. Ускоряющее напряжение составляет 40 кВ. В данном источнике дуга горит импульсами с частотой 50 Гц и длительностью импульса ~ 300 мкс [3]. Доза имплантации исследуемых образцов составляла $5 \cdot 10^{17}$ ион/см^2. В качестве материала катода применяли сплав Fe–Cu с содержанием компонентов 1:1.

После ионной имплантации на установке для лазерной обработки на основе волоконного диодного лазера мощностью 1,5 кВт проводили лазерное термоупрочнение поверхности образцов из титанового сплава ВТ6.

Для исследования влияния видов обработки на микротвердость поверхности титанового сплава ВТ6 применялся универсальный цифровой твердомер Affri 251 VRSD (Италия).

Результаты измерения микротвердости поверхности титанового сплава ВТ6 после различных методов обработки, представлены на рис. 1.

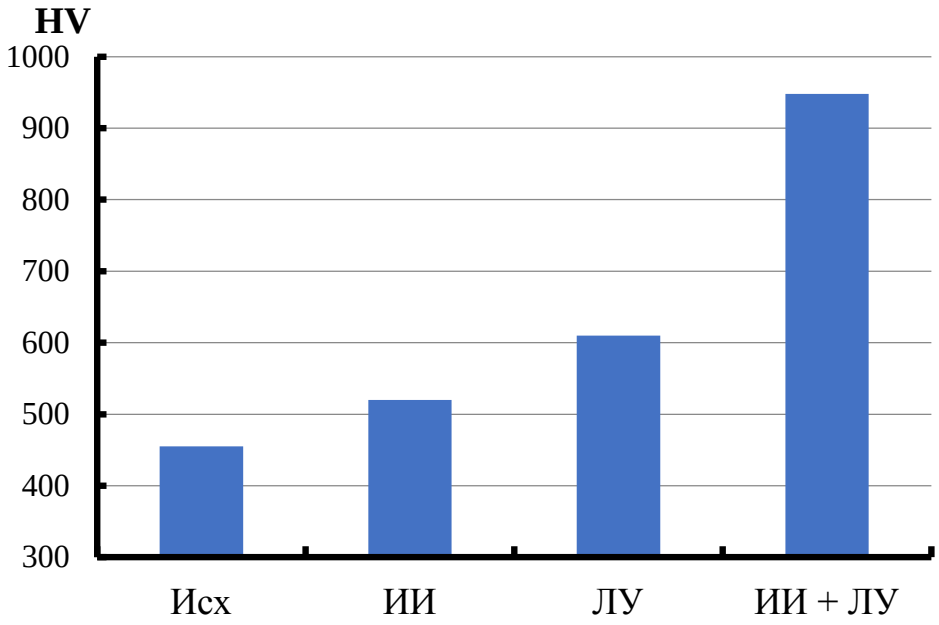


Рис. 1. Микротвердость образцов сплава ВТ6 в исходном состоянии (Исх) и после различных видов обработки: ИИ – ионная имплантация; ЛУ – лазерное упрочнение

Анализ результатов показывает увеличение микротвердости поверхности образцов сплавов ВТ6 как после ионной имплантации, так и после лазерного упрочнения. Резкое увеличение микротвердости сплава ВТ6 при комбинированном воздействии: ионная имплантация с последующим лазерным упрочнением (ИИ+ЛУ) можно объяснить:

– влиянием радиационных дефектов, образованных внедренными ионами;

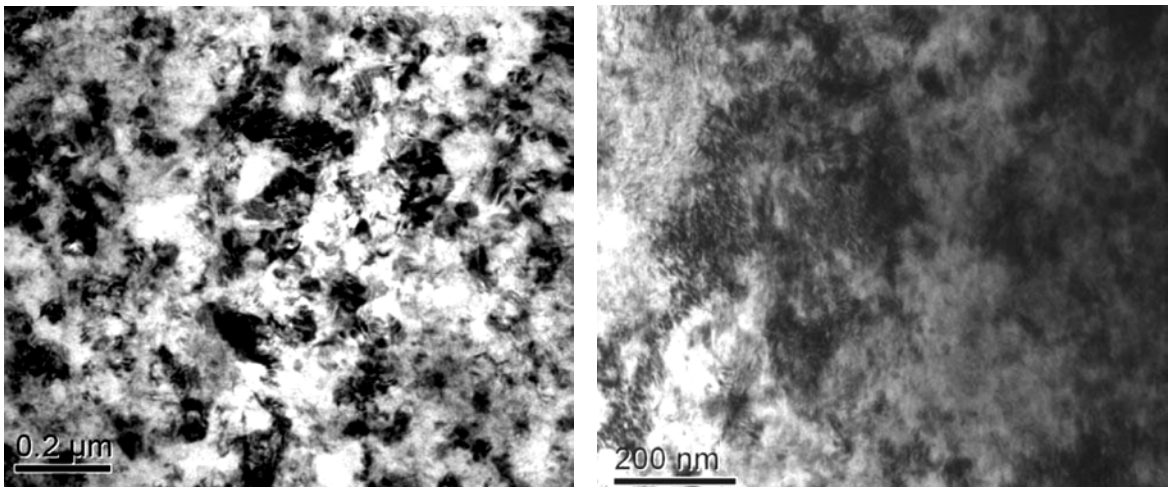
– формированием метастабильных структур при поверхностной лазерной обработке;

– повышением дисперсности микроструктуры поверхностного слоя титанового сплава ВТ6 после лазерной обработки;

Определение характера микроструктуры и распределение дислокаций в обработанном поверхностном слое образцов применялся просвечивающий электронный микроскоп JEOL JEM-2100 (Япония).

Проведённый металлографический анализ показал, что микроструктура исследуемого сплава ВТ6 представлена α-фазой с ГПУ-решёткой и β-фазой с ОЦК-решёткой с объёмной долей последней порядка 10%. При чем, α-фаза представлена двумя структурными составляющими – глобулярными частицами и пластинами.

В процессе изучения электронно-микроскопических снимков приповерхностного слоя титанового сплава ВТ6, полученных путём просвечивания пучком электронов утонённых фольг толщиной 100 нм в масштабе 500–50 нм, можно заключить что технология комплексной обработки позволяет получить наноструктуру на поверхности металла (рис. 2).



а *б*

Рис. 2. Микроструктура приповерхностного слоя сплава ВТ6 до (а) и после (б) комбинированной обработки

Плотность дислокаций ρ_D в приповерхностном слое рассчитывалась методом сечений. При исходной плотности дислокаций $\rho_{Dисх} \approx 5 \cdot 10^{10}$ (см$^{-2}$) в результате комплексной обработки плотность дислокаций увеличилась более чем в 19 раз, достигнув значения $9{,}8 \cdot 10^{11}$ (см$^{-2}$).

В рамках данной работы было проведено исследование износостойкости сплава ВТ6 в исходном состоянии, после ионной имплантации, после лазерной обработки и после комплексной обработки, включающей имплантацию образцов ионами сплава системы Fe–Cu с последующей лазерной обработкой.

Испытания на износостойкость образцов титанового сплава ВТ6 после различных вариантов обработки поверхности проводились на машине трения при усилии прижатия образца к контртелу 250 Н и частоте вращения 250 мин$^{-1}$. Путь трения составлял 60 м для всех образцов. Износ материала измеряли весовым методом на аналитических весах ВЛР-200. На рис. 3 представлена гистограмма относительного весового износа исследуемых образцов.

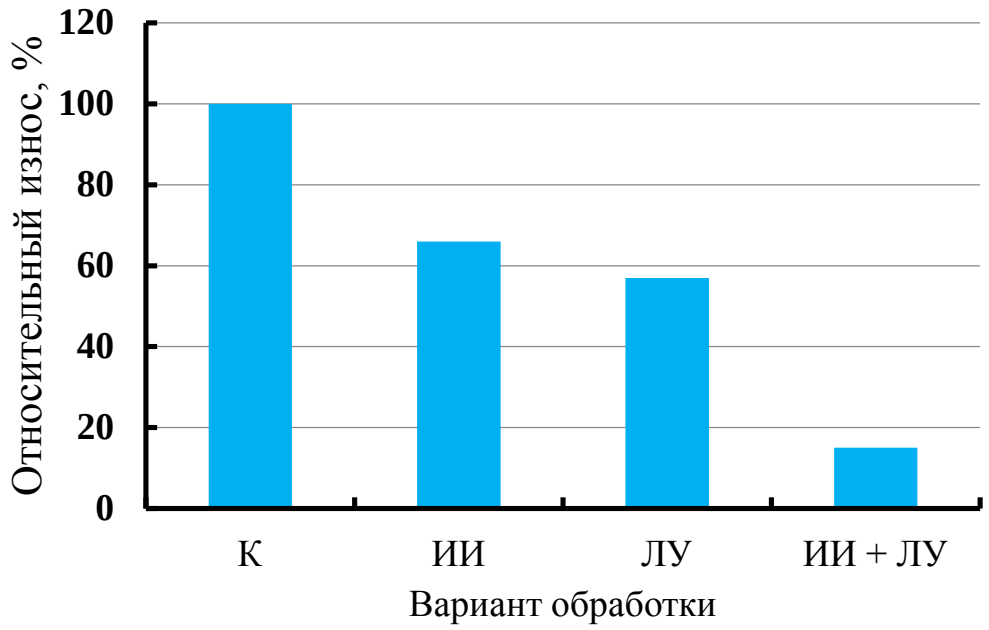


Рис. 3. Относительный весовой износ сплава ВТ6 после различных вариантов обработки поверхности: К – исходное состояние; ИИ – ионная имплантация; ЛУ – лазерная обработка; ИИ + ЛУ – ионная имплантация + лазерная обработка

Применение комплексной обработки на основе ионной имплантации с последующей лазерной обработкой поверхности мишени позволяет снизить относительный износ до 15% от весового износа сплава ВТ6 в исходном состоянии.

Таким образом, применение комплексной обработки позволяет достичь синергетического эффекта снижения весового износа сплава ВТ6. Для раскрытия механизма, лежащего в его основе, требуется проведение дальнейших исследований.

Исследования выполнены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Наукоемкие технологии в машиностроении» Московского политехнического университета.

Список литературы

1. Братушка С.Н., Маликов Л.В. Ионно-плазменная модификация титановых сплавов // Вопросы атомной науки и техники. 2011. №6. Серия: Вакуум, чистые материалы, сверхпроводники – С.126-140.

2. Учеваткина Н.В., Овчинников В.В., Жданович О.А., Сбитнев А.Г. Комбинированная технология повышения износостойкости деталей из титанового сплава ВТ6 на основе ионной имплантации. // Упрочняющие технологии и покрытия. 2016. – №6. – С.15–22.

3.Учеваткина Н.В., Овчинников В.В., Истомин-Кастровский В.В., Жданович О.А., Лукьяненко Е.В. Электронно-оптическое исследование поверхностного слоя титанового сплава ОТ4 после ионной имплантации. // Заготовительные производства в машиностроении. 2014. №12. – С.8-12.

Ливитин В.Р.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
livitinvlad8@gmail.com
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

СТРУКТУРА СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЛИСТОВ НОВОГО АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА, ЛЕГИРОВАННОГО КАЛЬЦИЕМ, ПРИ СТП

Аннотация. Для листового проката толщиной 2 мм из нового термически не упрочняемого сплава эвтектического типа на базе системы Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg методом сварки трением с перемешиванием (СТП) получены неразъемные стыковые соединения. С использованием методов сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии, а также механических испытаний на твердость и одноосное растяжение проведены исследования тонкой структуры и механических свойств соединений. Анализ микроструктуры сварного соединения выявил, что в сравнении с основным металлом наблюдается глубокое измельчение кристаллов эвтектической фазы $(Al,Zn)_4Ca$ (средний размер частиц менее 1 мкм) и их более равномерное распределение по сечению. Структура в центре сварного соединения мало отличается от зоны термомеханического влияния. Анализ профиля распределения твердости в поперечном сечении соединения выявил, что центре зоны перемешивания твердость несколько выше, чем в основном металле (117 против 110 HV). Анализ микроструктуры сварного соединения с использованием ПЭМ выявил формирование рекристаллизованной структуры со средним размером зерна порядка 1 мкм.

Ключевые слова: Al-Ca сплавы, сварка трением с перемешиванием, режимы сварки, микроструктура, механические свойства, размер зерна, зона перемешивания.

Livitin V.R.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
livitinvlad8@gmail.com
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

STRUCTURE OF BUTT JOINTS OF SHEETS OF A NEW ALUMINUM ALLOY DOPED WITH CALCIUM AT STP

Abstact. Continuous butt joints were obtained for 2 mm thick plates from a new thermally non-hardening eutectic alloy based on the Al-1Ca-5,5Zn-1,5Mg system by friction stir welding (STP). Using scanning and transmission electron microscopy methods, as well as mechanical tests for hardness and uniaxial tension, studies of the fine structure and mechanical properties of the joints were carried out. In comparison with the base metal, there is a deep grinding of crystals of the eutectic phase $(Al,Zn)_{4Ca}$ (the average particle size is less than 1 μm) and their more uniform distribution over the cross-section. The structure in the center of the welded joint does not differ much from the zone of thermomechanical influence. Analysis of the hardness distribution profile in

the cross-section of the joint revealed that the hardness in the center of the mixing zone is slightly higher than in the base metal (117 versus 110 HV). microstructure of a welded joint using TEM revealed the formation of a recrystallized structure with an average grain size of about 1 μm.

Keywords: Al-Ca alloys, friction stir welding, welding modes, microstructure, mechanical properties, grain size, mixing zone.

В последнее время появилось значительное количество публикаций по легированию алюминиевых сплавов кальцием [1–4]. Кальций является в алюминии эвтектикообразующим элементом и во время кристаллизации приводит к образованию бинарного интерметаллидного соединения Al_4Ca. Несмотря на содержание в сплавах хрупкой интерметаллидной фазы, сплавы, содержащие кальциевую эвтектику, могут подвергаться деформационной обработке с высокими степенями обжатия.

Известно, что среднепрочные сплавы типа 7005 (отечественный аналог сплав 1915) системы Al–Zn–Mg обладают относительно высокой трещиностойкостью при кристаллизации, что достигается за счет ограниченного содержания Zn + Mg в пределах 5–7 % и легированием переходными металлами (Mn, Zr, Ti и др.). Другой ключевой особенностью сплавов данной группы является их способность к самозакаливанию в процессе охлаждения на воздухе с температуры обработки на твердый раствор, а максимальная прочность достигается после искусственного старения. Несмотря на перечисленные достоинства в настоящее время сплавы данной группы находят ограниченное применение и уступают среднепрочным Al–Mg сплавам 5000 серии.

Сварка трением с перемешиванием (СТП) представляет собой технологический процесс сварки в твердом состоянии без расплавления металла. Данный метод был разработан в институте сварки Соединенного Королевства в 1991 году. СТП позволяет получать качественные соединения алюминиевых сплавов серии 7xxx.

В рамках представленной работы для нового деформируемого сплава на основе Al–Zn-Mg–Ca, совмещающего алюминиевую матрицу, близкую по составу к сплаву 7005, и эвтектическую структуру, образованную кальцием, изучено влияние СТП на структуру и механические свойства получаемого сварного соединения.

Слитки размером 20x140x250 мм сплава Al-5Zn-1,3Mg-1Ca были выплавлены в печи сопротивления. Затем слитки подвергались горячей прокатке без предварительного гомогенизационного отжига. Слитки сплава Al-5Zn-1,3Mg-1Ca прокатывались при температуре 450 °C с 10 % обжатиями за проход. Прокатка осуществлялась на двухвалковом прокатном стане ДУО 260 с исходной толщины слитка h_0 = 20 мм до толщины листа h_1 = 3 мм.

Сварку трением с перемешиванием стыковых соединений листов исследуемых сплавов осуществляли на опытном стенде для сварки листовых заготовок. Перед сваркой свариваемые кромки по торцевой поверхности и на расстоянии 15 мм от стыка зачищали механической металлической щеткой. СТП образцов осуществлялась на следующем режиме: частота вращения рабочего инструмента 800–900 об/мин, скорость сварки 80–150 мм/мин, угол наклона инструмента 2,5 градуса и усилие прижима рабочего инструмента к поверхности свариваемых заготовок 8,4–9,2 кН.

Для сварки трением с перемешиванием пластин исследуемого сплава толщиной 3 мм был использован рабочий инструмент с диаметром заплечика 16 мм и стержнем в виде усеченного конуса диаметром 5 мм на поверхности заплечика. Диаметр стержня на рабочем торце составлял 3 мм и имел на своей поверхности резьбовую накатку.

Из сваренных образцов в были изготовлены шлифы с целью исследования структуры и свойств сплава в зонах: сварного шва, зоне термического и термомеханического влияния и в области основного металла. Образцы были подготовлены под измерение твердости по методу Виккерса, а также под исследования микроструктуры методами сканирующей и просвечивающей микроскопии.

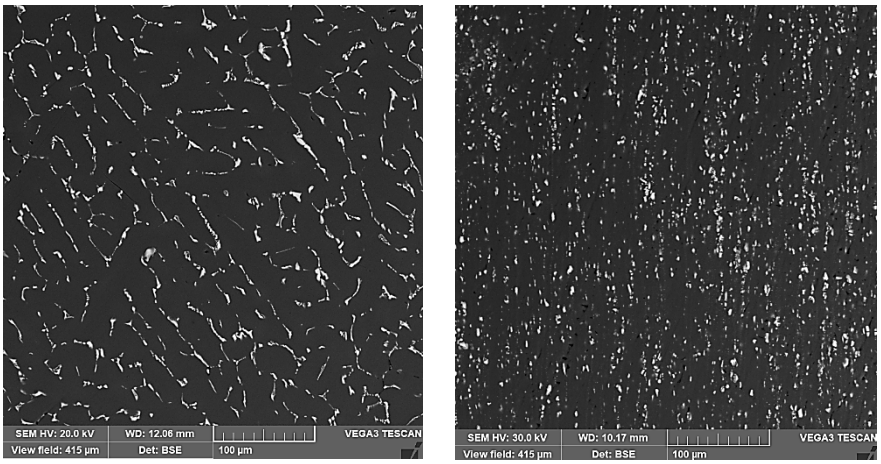
Исследования твердости производились на твердомере Metkon Duroline MH-6. Нагрузка выбиралась равной 1000 кгс, а выдержка равной 5 секунд. Измерения проводились, в зоне

сварного шва, зоне термического и термомеханического влияния и в области основного металла. В каждой области производилось по 5 измерений.

Исследования микроструктуры производились методами просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии. Фотографирование микроструктур производилось в трех характерных зонах СТП образца (зона шва, зона термического влияния и зона основного металла). Структуру продуктов старения и микроструктуру исследовали с помощью просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ, микроскоп Jeol JEM 1400) и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ, TESCAN VEGA 3) с системой микрорентгеноспектрального анализа (МРСА, OXFORD Aztec, Oxford Instruments, Великобритания). Для исследований использовались полированные образцы. Тонкие фольги для ПЭМ готовились методом двухструйной электролитической полировки на установке STRUERS Tenupol-5 при напряжении 21 В.

Определение механических характеристик ($\sigma_в$, α) сварных соединений проводили в соответствии с ГОСТ 6996-66. Временное сопротивление соединений при растяжении и угол статического изгиба определяли на установке Zwick/Roell Z030. Для испытаний на трехточечный статический изгиб применялись образцы шириной 10 мм, вырезанные поперек шва.

Структура экспериментального сплава в литом состоянии и после горячей прокатки представлена на рис. 1. Можно видеть, что в литом состоянии хорошо различается классическая дендритная доэвтектическая структура (рис. 1, а), характеризующееся формированием по границам дендритных ячеек алюминиевого твердого раствора (Al) светлых прожилок эвтектических кристаллов. Спектральный анализ литой структуры сплава выявил области преимущественной сегрегации цинка, совпадающие с таковыми для кальция, при этом магний распределен равномерно. Согласно представленным данным практически весь магний и марганец в сплаве растворены в алюминиевом твердом растворе, при этом цинк распределен между (Al) и эвтектическими кристаллами Al_4Ca.



а *б*

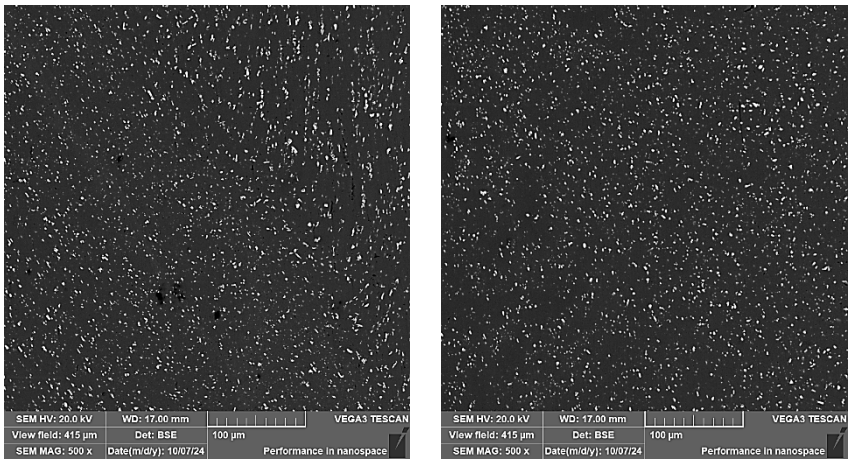
Рис. 1. Микроструктура экспериментального сплава в литом состоянии (а) и после горячей прокатки (б)

После горячей деформации по выбранному режиму можно наблюдать формирование классической волокнистой структуры, вытянутой в направлении прокатки (рис. 1б). Исходная литая дендритная структура более не наблюдается, а эвтектические прожилки, образованные кальцийсодержащей фазой, измельчаются и равномерно распределяются в алюминиевой матрице в виде дисперсных, компактных изолированных частиц.

Листовой прокат из экспериментального сплава был подвергнут сварке трением с перемешиванием по описанному выше режиму. Анализ твердости по профилю полученного сварного соединения не выявил существенных отличий для различных характерных зон, выделяемых при получении соединений методом СТП. В частности, в центре сварного соединения твердость несколько выше, чем в основном металле, при этом в направлении к основ-

ному металлу твердость незначительно снижается, а достигаемое значение мало отличается от такового для основного металла. Таким образом, следует констатировать, что в отличие от результатов СТП, получаемых для термически упрочняемых сплавов, использованное данного метода сварки для нового эвтектического сплава не приводит к снижению твердости как в самом сварном соединении, так и в прилегающих зонах (термического влияния и термомеханического воздействия).

Результаты анализа микроструктуры сварного соединения в зоне перемешивания и прилегающих зонах представлены на рис. 2.

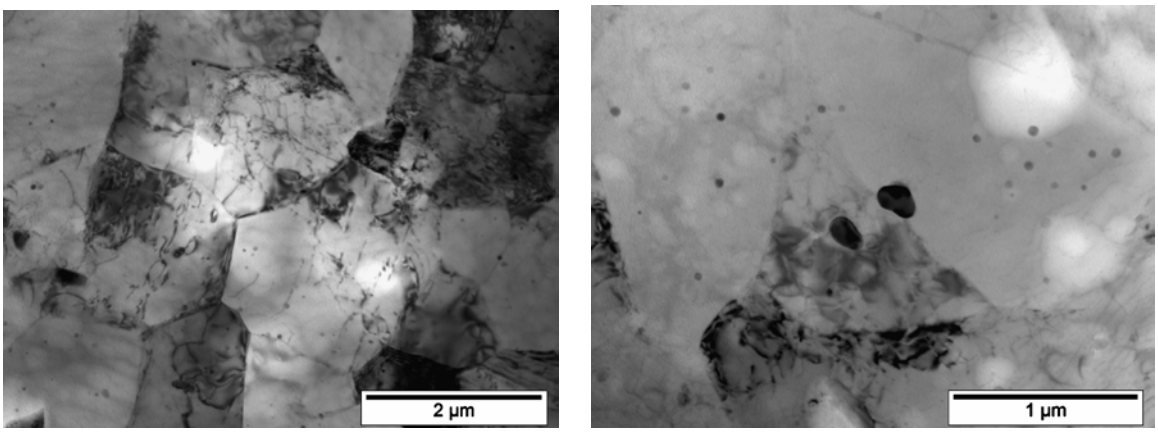


а *б*

Рис. 2. Микроструктура зоны термического влияния и термомеханического воздействия (а) и зоны перемешивания (б)

Согласно полученным результатам явной границы между основным металлом и зоной термического влияния не наблюдается. Характерная деформированная структура основного металла (рис. 2, б) переходит в область, которая может быть охарактеризована как зона термомеханического воздействия со структурой и далее с зоной перемешивания (рис. 2, а), существенно отличающейся от исходной. В частности, в сравнении с основным металлом наблюдается глубокое измельчение кристаллов эвтектической фазы $(Al,Zn)_4Ca$ и их более равномерное распределение по сечению. Структура в зоне перемешивания мало отличается от зоны термомеханического влияния (рис. 2,а). Аналогичным образом наблюдаются равномерно распределённые эвтектические кристаллы размером до 1 мкм. Строчечная, волокнистая структура, отличающая исходный материал, в области сварного соединения полностью устраняется, что является следствием специфического для метода СТП течения металла в очаге деформации.

Результаты анализа тонкой структуры ядра сварного соединения, полученные с использованием метода ПЭМ, представлены на рис. 3. Из рис. 3, а можно видеть формирование весьма дисперсной зеренной структуры со средним размером зерна порядка 1 мкм. Формирование наблюдаемой зеренной структуры, скорее всего, имеет место в процессе динамической рекристаллизации, протекающей при получении сварного соединения методом СТП.



а *б*

Рис. 3. ПЭМ изображения структуры в шве (зона перемешивания) сварного соединения. а) Общий вид зеренной структуры и б) наличие дисперсных включений, обнаруживаемых также по границам зерен

Действительно, интенсивная деформация при СТП и сопутствующий разогрев в данной области обеспечивают необходимые условия для активации процессов рекристаллизации. При этом наличие в структуре большое количества частиц нерастворимой второй фазы, претерпевающей измельчение в процессе СТП, может служить дополнительным фактором для стабилизации наблюдаемой дисперсной зеренной структуры. Действительно, как можно видеть из рис. 3б отдельные включения размером менее 100 нм могут обнаруживаться по границам зерен, что также свидетельствует об их роли в качестве барьеров для миграции границ.

Для изученного экспериментального сплава в виде горячекатанных листов, а также полученных из них образцов со сварным соединением были проведены сравнительные механическим испытаниям на одноосное растяжение. Согласно полученным данным (табл.), предел прочности образцов со сварным соединением равен таковому для основного металла (~330 МПа), то есть следует констатировать о коэффициенте прочности, близком к 1 и равнопрочности сварного шва. Однако следует также отметить, что относительное удлинение для образцов со сварным соединением снизилось в сравнении с основным металлом примерно вдвое (8 против 4,5%).

Таблица

Механические свойства основного металла и стыковых сварных соединений листов сплава Al-5Zn-1,3Mg-1Ca, полученных СТП

Образец	Предел прочности $\sigma_В$, МПа	Предел прочности зоны перемешивания $\sigma_В^{ш}$, МПа	Относительное удлинение δ, %	Угол изгиба α, град.
Основной металл	300–330	–	7–8	46–58
Сварное соединение	295–325	345–350	4–4,5	98–115

Следует отметить, что предел прочности зоны перемешивания (металла шва) превосходит значения данного показателя для основного металла.

Вероятно, наблюдаемое снижение пластичности связано со структурой переходной зоны термомеханического воздействия, испытывающей высокий наклеп, который, однако, в отличие от зоны перемешивания оказывается недостаточным для инициирования процессов динамической рекристаллизации, приводящих к формирования дисперсной зернёной структуры, обеспечивающей высокую пластичность. В результате формирующаяся деформированная структура отличается естественным снижением пластичности. Однако, несмотря на это, следует констатировать о получении удовлетворительного результата, позволяющего рассматривать новый сплав в качестве перспективного материала для получения качественных сварных соединений методом СТП. Получение более удачного сочетания механических

свойств может быть достигнуто при последующем более детальном анализе и оптимизации параметров режима СТП.

Для листового проката из нового термически не упрочняемого сплава эвтектического типа на базе системы Al-Ca-Zn-Mg методом сварки трением с перемешиванием получены качественные стыковые соединения по следующему режиму: частота вращения рабочего инструмента 800–900 об/мин, скорость сварки 80–150 мм/мин, угол наклона инструмента 2,5 градуса и усилие прижима рабочего инструмента к поверхности свариваемых заготовок 8,4–9,2 кН.

Анализ микроструктуры сварного соединения выявил, что в сравнении с основным металлом наблюдается глубокое измельчение кристаллов эвтектической фазы $(Al,Zn)_4Ca$ (средний размер частиц менее 1 мкм) и их более равномерное распределение по сечению. Структура в центре сварного шва мало отличается от зоны термомеханического воздействия.

Анализ тонкой структуры сварного соединения выявил формирование дисперсной зеренной структуры со средним размером зерна порядка 1 мкм. Отдельные включения нерастворимых кальцийсодержащих кристаллов размером менее 100 нм обнаруживаются по границам зерен, что также свидетельствует об их роли в качестве барьеров для миграции границ, что способствует стабилизации дисперсной структуры зерна, формирующейся, вероятно, в процессе динамической рекристаллизации.

Проведенные механические испытания на одноосное растяжения выявили, что предел прочности образцов со сварным соединением равен таковому для основного металла (~330 МПа), то есть следует констатировать о коэффициенте прочности, близком к 1.

Результаты получены в процессе выполнения проекта по государственному заданию FZRR-2023-0005 «Разработка основополагающих технологических принципов применения концентрированных потоков энергии для получения новых импортозамещающих композиционных материалов специального назначения на основе систем несмешивающихся компонентов».

Исследования выполнены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Наукоемкие технологии в машиностроении» Московского политехнического университета.

Список литературы

1. Effect of severe plastic deformations on structure features and mechanical behavior of Al_4Ca intermetallic in Al-18% Ca alloy Autors: E.A. Naumova, S.O. Rogachev, R.V. Sundeev National University of Science and Technology «MISIS», 4 Leninsky pr., Moscow, 119049, Russia; MSTU «STANKIN», 3a Vadkovskiy Pereulok, Moscow, 127055, Russia; Russian Technological University «MIREA», 78 Vernadskogo pr., Moscow, 119454, Russia; Journal of alloys and compounds volume 854 February 2021

2. N.A. Belov, K.A. Batyshev, V.V. Doroshenko Microstructure and phase composition of the eutectic Al – Ca alloy, additionally alloyed with small additives of zirconium, scandium and manganese**. //** Non-Ferrous Met., 2 (2017), pp. 49-54, 10.17580/nfm.2017.02.09

3. N.A. Belov, E.A. Naumova, A.N. Alabin, I.A. Matveeva Effect of scandium on structure and hardening of Al–Ca eutectic alloys J. Alloys Compd., 646 (2015), pp. 741-747, 10.1016/j.jallcom.2015.05.155

4. D.P. Mondal, N. Jha, A. Badkul, S. Das, M.S. Yadav, P. Jain Effect of calcium addition on the microstructure and compressive deformation behaviour of 7178 aluminium alloy Mater. Des., 32 (2011), pp. 2803-2812, 10.1016/j.matdes.2010.12.056

Олефиренко Н.А.
к.т.н., доцент кафедры «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
nik.olefirenko@gmail.com
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ СВОЙСТВ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ СТАЛИ 45 ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ

Аннотация. В статье исследуются параметры электродуговой металлизации для повышения свойств защитных покрытий из стали 30ХГСН2А на стали 45. Основное внимание уделяется влиянию давления сжатого воздуха на качество покрытий, наносимых методом сверхзвуковой дуговой металлизации. Эксперимент проводился с использованием стали 45 в качестве подложки и проволоки 30ХГСН2А диаметром 1,6 мм. Для оценки влияния различных режимов металлизации были проанализированы такие параметры, как напряжение, ток, скорость подачи проволоки, давление сжатого воздуха и расстояние распыления. Полученные данные показали, что увеличение давления сжатого воздуха приводит к значительному уменьшению пористости и шероховатости покрытия, повышению его твердости и износостойкости. Особенно важным результатом стало улучшение адгезионной прочности покрытия при давлении 9 атм, что связано с более плотным и равномерным распределением частиц. Установлено, что повышение кинетической энергии частиц способствует лучшему слиянию покрытия с подложкой и увеличению эксплуатационных свойств покрытия, таких как стойкость к износу и коррозии.

Ключевые слова: электродуговая металлизация, покрытие, стальная 30ХГСН2А, износостойкость, адгезия, твердость.

Olefirenko N.A.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
nik.olefirenko@gmail.com
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

IMPROVING THE PROPERTIES OF GAS-THERMAL COATINGS OF STEEL 45 DURING ELECTRIC ARC METALLIZATION

Abstact. The article examines the parameters of electric arc metallization to improve the properties of protective coatings made of steel 30HGSN2A on steel 45. The main attention is paid to the effect of compressed air pressure on the quality of coatings applied by supersonic arc metallization. The experiment was carried out using 45 steel as a substrate and 30HGSN2A wire with a diameter of 1.6 mm. The data obtained showed that an increase in compressed air pressure leads to a significant decrease in the porosity and roughness of the coating, an increase in its hardness and wear resistance. A particularly important result was the improvement of the adhesion strength of the coating at a pressure of 9 atm, which is associated with a denser and more uniform distribution of particles. It has been found that an increase in the kinetic energy of the particles contributes to better fu-

sion of the coating with the substrate and an increase in the performance properties of the coating, such as resistance to wear and corrosion.

Keywords: electric arc metallization, coating, steel 30HGSN2A, wear resistance, adhesion, hardness.

Поврежденные коленчатые валы двигателей внутреннего сгорания автомобилей, часто вызванные износом, можно восстановить до функциональности с помощью различных методов, включая твердое хромирование. Этот процесс улучшает твердость поверхности, износостойкость и коррозионную стойкость коленчатого вала, тем самым продлевая его срок службы. Однако проблемы окружающей среды и здоровья, связанные с хромированием, привели к исследованию альтернативных методов нанесения покрытий, таких как электродуговое напыление. Этот метод использует сжатый воздух для подачи капель расплавленного металла на подложку, создавая защитное покрытие с желаемыми механическими и трибологическими свойствами [1, 2].

Целью данной работы является изучение влияния сжатого воздуха на свойства покрытий из стали 30ХГСН2А, полученных с использованием электродугового напыления.

В исследованиях для получения покрытия использовался электродуговой металлизатор ЭДМ-5У. В качестве подложки была использована сталь марки 45, а диаметр проволоки из стали 30ХГСН2А составлял 1,6 мм. Перед напылением образцы подверглись пескоструйной обработке. Режимы нанесения покрытия приведены в таблице 1.

Таблица 1

Режимы напыления покрытий 30ХГСН2А методом электродуговой металлизации

Номер образца	Напряжение, В	Ток дуги, А	Скорость подачи проволоки, см/с	Давление сжатого воздуха, атм	Дистанция напыления, мм	Время распыления, с
1	40–42	300–315	16	7	15–18	15–20
2				8		
3				9		

Для исследования поперечного сечения покрытий использовался электронный микроскоп evo-50 фирмы Karl Zeiss. Шероховатость покрытий измерялась с помощью профилометра Anytester HY2300. Микротвёрдость созданных покрытий определялась по поперечному сечению с использованием микротвёрдомера METKON DUROLINE M2 при нагрузке на индентор 0,2 Н и времени выдержки 10 секунд. Трибологические свойства покрытий изучались с применением трибометра Anton Paar TRB3.

Прочность сцепления покрытий оценивалась штифтовым методом [3]. Суть метода заключается в том, что при приложении нагрузки происходит отрыв покрытия от подложки, при этом фиксируется усилие, необходимое для отрыва. Для оценки адгезионной прочности методом штифта были подготовлены образцы (рис. 1), состоящие из штифта и подложки, оснащённой захватным устройством с отверстием и крепежным элементом для фиксации штифта. В конструкции образца использовалась шайба с отверстием, в которое устанавливался штифт так, чтобы его торцевая поверхность была на одном уровне с наружной плоскостью шайбы. Покрытие наносилось на общую поверхность торца штифта и шайбы. Для предотвращения выпадения штифта во время напыления он фиксировался винтом. Отрыв штифта от подложки проводился с использованием универсальной машины для испытаний на растяжение WDW-100 кН. Прочность сцепления определялась как отношение максимального усилия, при котором происходил отрыв покрытия, к площади торца штифта.

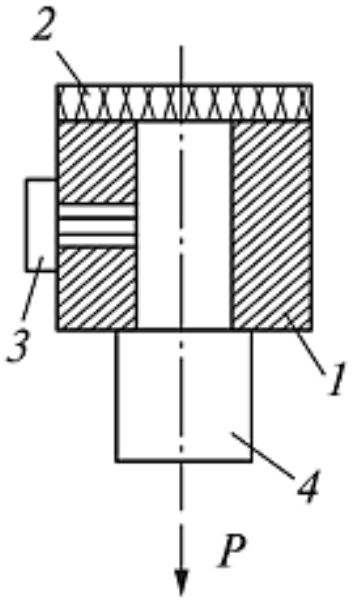


Рис. 1. Образец для испытания покрытий на прочность сцепления с подложкой методом штифта: 1 – подложка (сталь 45); 2 – покрытие; 3 – фиксатор; 4 – штифт

На рисунке 2 представлены изображения, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ), показывающие поперечные сечения покрытий, полученных методом сверхзвуковой дуговой металлизации. На рисунках 2 видно, что толщина покрытий варьируется. С увеличением давления сжатого воздуха коэффициент полезного распыления уменьшался, вероятно, из-за уменьшения размеров частиц. Значения толщины покрытий приведены в таблице 2. Также можно отметить, что с увеличением давления сжатого воздуха покрытия становятся более плотными и менее пористыми.

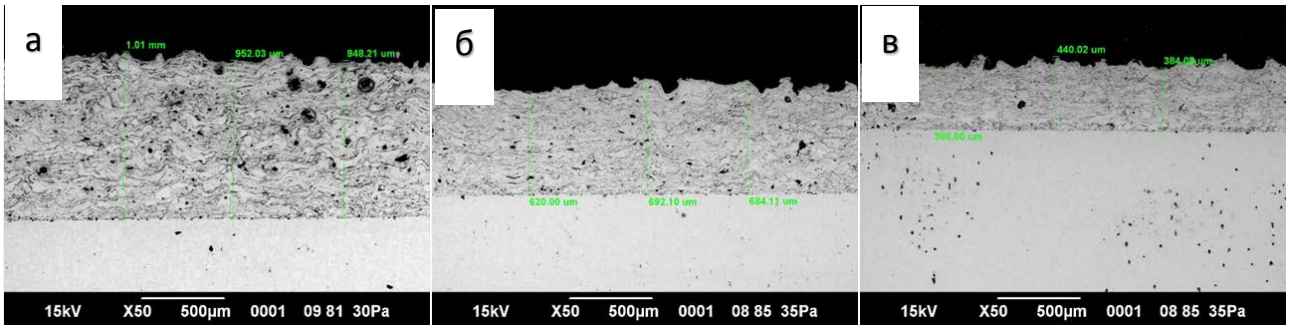


Рис. 2. СЭМ-изображения поперечных сечений образцов с нанесенным покрытием на разных режимах

Таблица 2

Толщина покрытия на подложке из стали 45

Номер образца	1	2	3
Толщина покрытия, мкм	964,18± 20,27	661,2± 29,67	405,22± 23,45

Результаты экспериментов показали, что шероховатость поверхности покрытий, полученных методом сверхзвуковой дуговой металлизации (СДМ), снижается с увеличением давления сжатого воздуха. Для измерения шероховатости использовался параметр Ra, представляющий собой среднее арифметическое отклонение профиля поверхности. Согласно данным, увеличение давления способствует уменьшению показателя Ra: для образца 1 он составляет 19,877 мкм, для образца 2 – 18,86 мкм, а для образца 3 – 14,24 мкм. Это связано с

тем, что повышение давления увеличивает кинетическую энергию частиц покрытия, что приводит к более сильному их удару о подложку и более плотному, равномерному распределению материала. Более высокая скорость частиц улучшает их спекание и слияние как между собой, так и с подложкой, что уменьшает количество микропустот и неровностей. Вдобавок, более эффективное распыление при повышенном давлении способствует равномерному распределению частиц и формированию гладкой поверхности с меньшими отклонениями высоты.

На рисунке 3 показано, что твёрдость покрытий, полученных методом сверхзвуковой дуговой металлизации, выше, чем у стали 45. При увеличении давления сжатого воздуха твёрдость покрытий также возрастает. Следует отметить, что стальная проволока марки 30ХГСН2А, используемая для напыления, имеет более высокую твёрдость по сравнению со сталью 45, составляя 289 HV и 204 HV соответственно. Примечательно, что твёрдость покрытий превышает твёрдость исходной проволоки. Образец 1, обработанный при давлении сжатого воздуха 7 атм, имеет твёрдость 305,24±12,59 HV; образец 2, при давлении 8 атм – 313,82±11,9 HV; а образец 3, при давлении 9 атм – 332±9,72 HV.

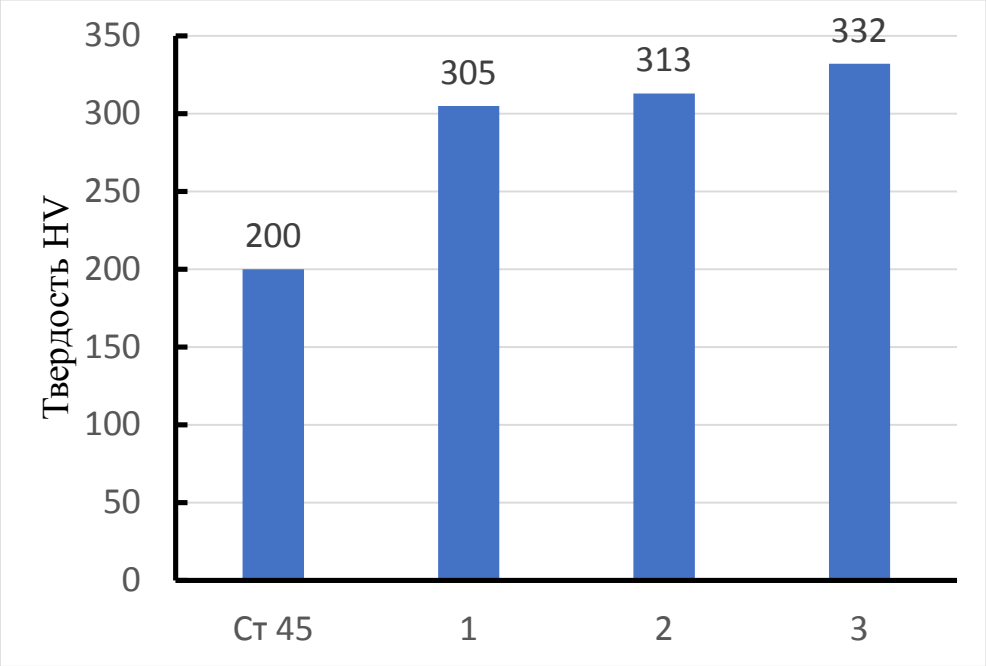


Рис. 3. Твердость покрытий в сравнении с твердостью подложки из стали 45

На рисунке 4 показаны результаты определения коэффициента трения. Полученные значения следующие: сталь 45 – 0,472; образец 1 – 0,532; образец 2 – 0,527; образец 3 – 0,525. Эти результаты демонстрируют, что с увеличением давления сжатого воздуха можно улучшить износостойкость покрытий. При повышении давления сжатого воздуха уменьшается средний размер пор, что способствует улучшению антифрикционных свойств покрытий.

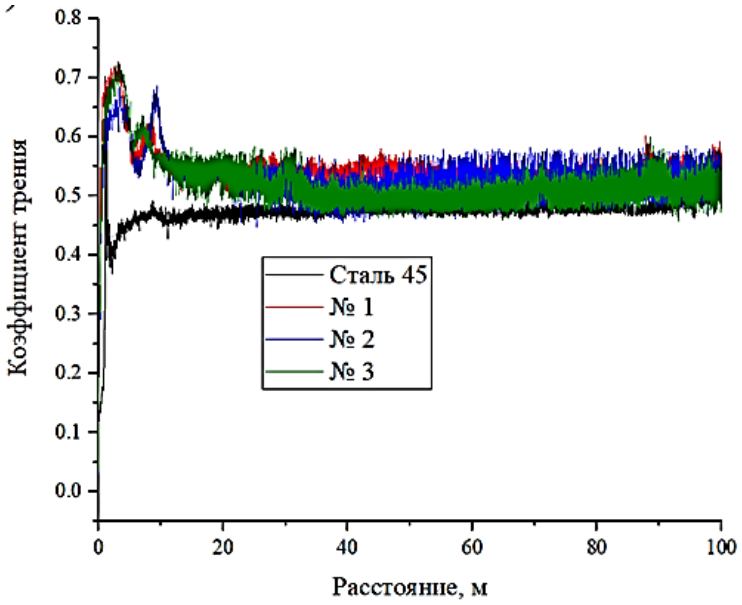


Рис. 4. Коэффициент трения покрытия в сопоставлении с коэффициентом трения подложки из стали 45

При определении адгезионной прочности покрытий методом штифта во всех образцах произошёл адгезионный разрыв, что указывает на наличие четкой границы раздела между подложкой и покрытием. Это означает, что прочность сцепления между покрытием и подложкой была ниже, чем когезионная прочность частиц покрытия. В таблице 3 представлены результаты исследования адгезионной прочности покрытий, которые показывают, что с увеличением давления сжатого воздуха адгезионная прочность возрастает. Образец 3, напыленный при давлении сжатого воздуха 9 атм, продемонстрировал наилучшие результаты. Это связано с тем, что более высокое давление способствует увеличению кинетической энергии частиц, что приводит к более сильному проникновению частиц покрытия в поверхность подложки.

Таблица 3

Адгезионная прочность напыленных покрытий

Номер образца	1	2	3
Прочность сцепления покрытия с подложкой, МПа	15,13±2,55	18,65±1,34	22,81±0,88

На основе проведённого исследования были сделаны следующие выводы.

Увеличение давления сжатого воздуха при напылении способствует значительному улучшению качества покрытия. С повышением давления снижается пористость и шероховатость покрытия, а также увеличивается плотность и однородность распределения частиц на поверхности подложки.

Максимальные механические свойства покрытия, такие как твёрдость и износостойкость, были достигнуты при давлении сжатого воздуха в 9 атм. Это давление также обеспечило наилучшие результаты по адгезионной прочности покрытия, что связано с повышенной кинетической энергией частиц и их более сильным проникновением в подложку.

Эксперименты подтвердили, что повышение давления сжатого воздуха увеличивает скорость частиц, что приводит к лучшему слиянию частиц покрытия с подложкой и снижению количества микропустот. Это улучшает механические свойства покрытия и его сопротивляемость износу и коррозии, что особенно важно для деталей, подвергающихся высоким нагрузкам.

Результаты работы показывают, что оптимизация параметров сверхзвуковой дуговой металлизации позволяет существенно улучшить эксплуатационные характеристики покрытий. Это открывает перспективы для дальнейшего применения данного метода в восстанов-

лении и защите деталей, таких как коленчатые валы и компоненты трансмиссий, эксплуатируемых в сложных условиях.

Результаты получены в процессе выполнения проекта по государственному заданию FZRR-2023-0005 «Разработка основополагающих технологических принципов применения концентрированных потоков энергии для получения новых импортозамещающих композиционных материалов специального назначения на основе систем несмешивающихся компонентов».
Исследования выполнены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Наукоемкие технологии в машиностроении» Московского политехнического университета.

Список литературы

1. Modikwe T. et al. Post-processing of direct metal deposited AlCrCoCuFeNi HEA using centrifugal barrel finishing. – 2022. https://doi.org/10.1051/matecconf/202237006007

2. Krivchikov S. Y., Zhudra A. P., Petrov V. V. Modern technologies of arc surfacing crankshafts //Welding international. – 1995. – Т. 9. – №. 1. – С. 44-46. https://doi.org/10.1080/09507119509548751

3. Ибатуллин И. Д., Карлова М. Д., Загидуллина Д. Р. Приборы и методы оценки качества покрытий //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18. – №. 4-2. – С. 291-296.

Слезко М.Ю.
к.т.н., доцент кафедры «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
slezkomy@gmail.com
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ГАЗОВОЙ СМЕСИ НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК, ПОЛУЧЕННЫХ МАГНЕТРОННЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ МОЗАИЧНОЙ МИШЕНИ TI–AL

Аннотация. Проведены исследования механических и триботехнических характеристик пленок нитрида титана-алюминия, нанесенных методом реактивного магнетронного распыления Ti–Al мозаичной мишени в смеси азота и кислорода. Получены зависимости элементного состава, микротвердости, коэффициента трения и объемного износа от концентрации азота в смеси газов в процессе нанесения. При содержании азота 7,6 % получены покрытия с твердостью 1250 HK, коэффициентом трения 0,12–0,13 и объемным износом менее $6{,}3 \cdot 10^{-11}$ мм^3 при нагрузке 500 мН. Анализ полученных результатов показал, что наибольшей твердостью и износостойкостью обладают покрытия с недостатком азота в пленках комплексного нитрида титана и алюминия на поверхности стали 12Х18Н10Т.

Ключевые слова: пленки; износостойкие покрытия; нитрид титана-алюминия; реактивное магнетронное распыление; мозаичная мишень; микротвердость; износостойкость.

Slezko M.Yu.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
slezkomy@gmail.com
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

INFLUENCE OF GAS MIXTURE COMPOSITION ON TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF FILMS OBTAINED BY MAGNETRON SPUTTERING OF A TI–AL MOSAIC TARGET

Abstact. Mechanical and tribomechanical characteristics of titanium-aluminum nitride films applied by reactive magnetron sputtering of a mosaic target Ti–Al in a mixture of nitrogen and oxygen have been investigated. Dependencies of elemental composition, microhardness, coefficient of friction and bulk wear on the concentration of nitrogen in the mixture of gases during the application process have been obtained. With a nitrogen content of 7.6 %, coatings with a hardness of 1250 HK, a friction coefficient of 0.12 – 0.13 and a volume wear of less than $6.3 \cdot 10^{-11}$ mm3 at a load of 500 mN. Analysis of the results showed that coatings with a lack of nitrogen in films of complex titanium and aluminum nitride on the surface of 12Kh18N10T steel have the highest hardness and wear resistance.

Keywords: Film; wear-resistant coatings; titanium-aluminum nitride; reactive magnetron sputtering; mosaic target; microhardness; wearability.

Эффективным способом повышения срока службы для узлов трения, работающих в условиях без смазки, является нанесение упрочняющих износостойких покрытий. Такие покрытия должны прочно сцепляться с подложкой, обладать высокой износостойкостью, низким коэффициентом трения, высокой стойкостью к окислению при повышенных температурах.

Это обусловлено формированием при повышенных температурах на поверхности покрытия тонкого плотного слоя оксида алюминия, который выполняет роль диффузионного барьера [1]. Наряду с увеличением коррозионной стойкости легирование алюминием обеспечивает повышение его твердости и износостойкости покрытий на основе нитрида титана.

Метод распыления сплавных мишеней дает хорошие результаты в случае, когда возможно получение сплава или твердых растворов необходимых элементов. Однако в ряде случаев в состав наносимых слоев входят разнородные материалы с низкой взаимной растворимостью или большой разницей в температурах плавления.

Составные или «мозаичные» мишени, состоящие из матрицы одного металла со вставками других металлов, позволяет получать многокомпонентные пленки с произвольным количеством и содержанием элементов при использовании одного магнетрона [2]. При этом распыление материала идет с одной мишени при одних и тех же условиях. Преимущество метода особенно проявляется в случаях, когда необходимо получить пленки, в состав которых входят элементы с низкой взаимной растворимостью или большой разницей в температурах плавления.

Для нанесения покрытий на основе Ti и Al на поверхность подложки из стали использовалась экспериментальная установка для магнетронного распыления. Подложки устанавливались на расстоянии 65 мм от поверхности мишени магнетрона. Камера была оборудована магнетронной распылительной системой и ионным источником на основе ускорителя с анодным слоем. Мозаичные мишени представляли собой Ti основу (99,5 % чистоты) диаметром 80 мм и толщиной 5 мм в которую впрессованы четыре цилиндрических Al вставки (99,9 % чистоты). Вставка диаметром 8 мм равномерно распределены по диаметру 46 мм (рисунок 1).

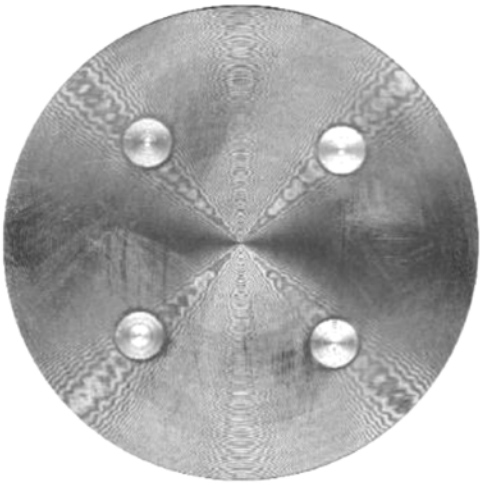


Рис. 1. Общий вид Ti-Al мозаичных мишеней для реактивного магнетронного нанесения пленок нитрида титана-алюминия TiAl-20

Пленки из сложных нитридов титана и алюминия наносились на подложки из полированной стали 12Х18Н10Т. Для процесса предварительной ионной очистки подложек, камера вакуумной установки откачивалась до остаточного давления 10^{-3} Па и рабочий газ Ar подавался ионный источник до рабочего давления 0,02 Па. Время очистки, энергия ионов и ток разряда во всех экспериментах было постоянным и составляло соответственно 5 мин (режим вращения подложкодержателя), 500 эВ, 70 мА соответственно.

Затем производилось нанесение слоев нитридов. В газораспределительную систему магнетрона подавались рабочие газы и контролировались автоматическими регуляторами расхода газа РРГ-1 (РРГ). Распыление мишени осуществлялось в Ar/N_2 смеси газов. Расход Ar составлял QAr = 50 мл/мин. Расход азота изменялся от 0 до 20 мл/мин. Питание МРС осуществлялось с помощью источника питания постоянного тока мощностью 1,5 кВт. В процессе нанесения ток разряда магнетрона поддерживался постоянным I_t = 1,5 А. При этом напряжение разряда в зависимости от содержания N_2 в смеси газов и используемой мишени изменялось от 400 до 500 В. Время нанесения изменялось в зависимости от скорости нанесения и составляло 2 – 15 мин. При этом толщина нанесенных пленок составляла 0,8 – 1,2 мкм.

Микротвердость покрытий измерялась с помощью измерителя микротвердости Leika VMHT Mot. Для измерений использовался индентор Кнупа. Измерения производились при нагрузке индентора 10 г и времени сохранения нагрузки 15 с. При измерениях глубина проникновения индентора в пленку не превышала 30 % от толщины пленки, что исключало влияние деформации подложки.

Исследованы зависимости элементного состава пленок от концентрации азота в Ar/N_2 смеси газов в процессе нанесения. На рис. 2 представлены типичные профили распределения элементов по глубине пленки покрытия.

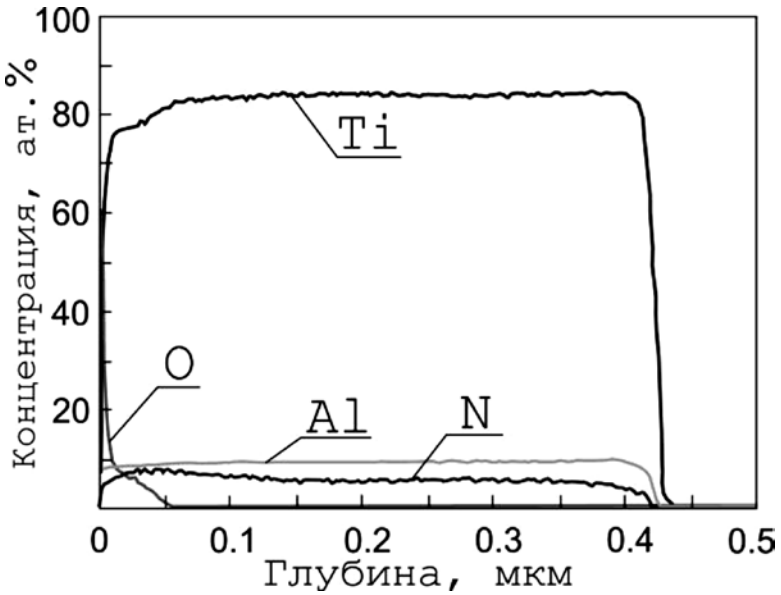


Рис. 2. Распределение концентрации элементов по глубине покрытия (содержание азота в газовой смеси 3,9%)

Как видно из рисунка распределение концентраций компонентов по глубине имеет равномерный характер. Кроме основных компонентов в покрытии содержатся C, H, Mn, Fe, Cu, Cr. Однако их концентрация составляла менее 1 %. В поверхностных слоях пленок наблюдалось присутствие кислорода, что, по-видимому, связано с наличием адсорбированного воздуха.

Анализ зависимостей элементного состава нанесенных пленок от концентрации азота в Ar/N_2 смеси газов ($ГN_2$) показал, что содержание азота в пленках увеличивается практически линейно при увеличении $ГN_2$ (рис. 3).

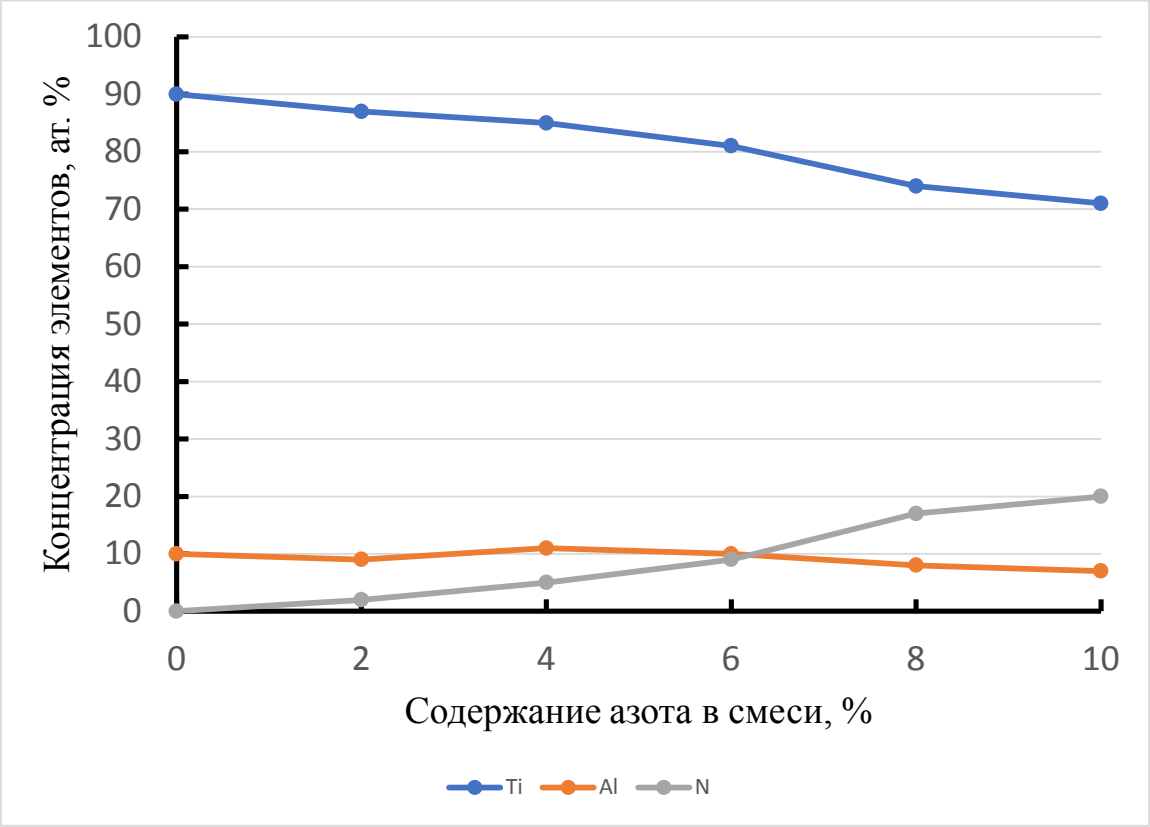


Рис. 3. Зависимость содержания элементов в напыленной пленке от содержания азота в рабочей смеси газов

Причем содержание алюминия в пленке остается примерно постоянным, а увеличение содержания азота достигается за счет уменьшения концентрации титана. Данное поведение, по-видимому, связано с разными скоростями химических реакций образования нитридов титана и алюминия.

При реактивном магнетронном распылении для формирования стехиометрического нитрида титана необходимы небольшие концентрации азота в смеси газов, порядка 6–8 %. В тоже время формирование стехиометрического нитрида алюминия происходит при концентрациях азота порядка 40 %. Поэтому, при распылении мозаичной мишени при небольших концентрациях азота с мишени распыляется нитрид титана и частично нитиридизированный алюминий.

На рисунке 4 приведена зависимость микротвердости по Кнуппу пленок нитрида титана-алюминия от содержания азота в рабочей смеси газов.

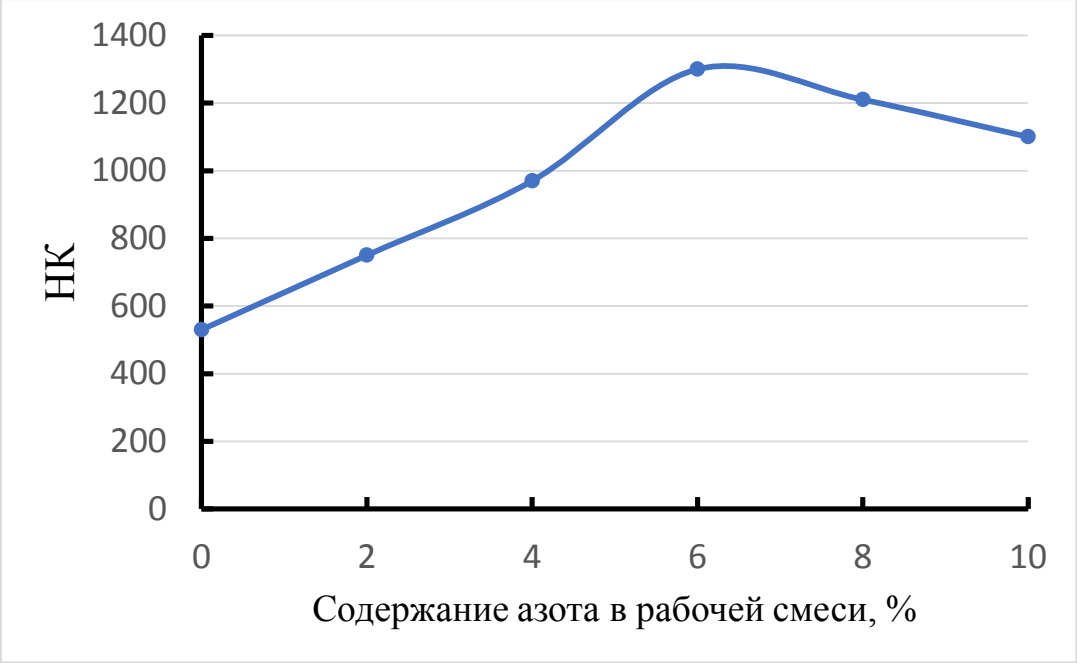
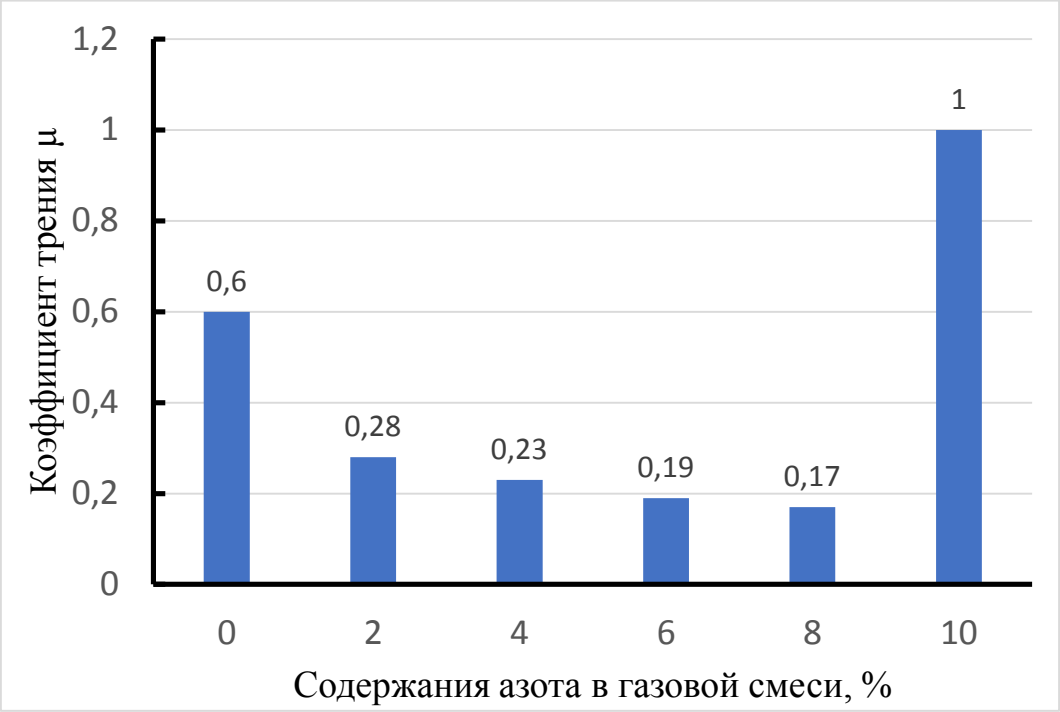


Рис. 4. Зависимость микротвердости по Кнуппу пленок нитрида титана-алюминия от содержания азота в смеси газов

Исследования триботехнических характеристик пленок в условиях сухого трения показали, что пленки, нанесенные при низком содержании азота (менее 2 %), имели сравнительно высокий коэффициент трения μ = 0,4–0,6 (рисунок 5, а).

Объемный износ (*W*) таких пленок составлял 10^{-7}–10^{-6} мм^3 за двойной проход (рис. 5, б). При повышении содержания азота в газовой смеси до 8 % коэффициент трения снижался до 0,12–0,25. Объемный износ (*W*) таких пленок составлял 10^{-7}–10^{-6} мм^3. Анализ зависимостей коэффициента трения от пути трения показал, что после начальной приработки пленки имели практически постоянный μ на всех участках износа, что свидетельствует об отсутствии слоистой структуры покрытий.



а



б

Рис. 5. Зависимость коэффициента трения (а) и объемного износа (б) пленок нитрида титана-алюминия от процентного содержания азота в смеси газов

При дальнейшем увеличении концентрации азота (более 8 %) коэффициент начинал резко увеличиваться и при содержании азота в рабочей смеси с аргоном > 10 % превышал 1,0 после 50–150 циклов трения. Данное поведение связано с разрушением пленки, имеющей большие внутренние напряжения.

Анализ полученных результатов показывает, что максимальная твердость покрытий достигается при концентрации азота порядка 6%. Однако минимальный коэффициент трения и объемный износ получены при содержании азота в газовой смеси около 7,5 %. Таким образом, можно сделать вывод, что для нанесения износостойких покрытий нитрида титана-алюминия с

концентрацией алюминия порядка 10 % предпочтительным является диапазон 6–8 % N_2. В данном диапазоне формируются пленки с недостатком азота состава Ti5Al0.6N. Сравнение механических и триботехнических характеристик полученных покрытий нитрида титана-алюминия с традиционным нитридом титана показывает, что легирование алюминием позволяет практически в два раза увеличить микротвердость и износостойкость покрытий.

Установлено, что метод реактивного магнетронного распыления мозаичной мишени является эффективным способом для формирования многокомпонентных износостойких покрытий.

Методом реактивного магнетронного распыления Ti-Al мозаичной мишени при содержании азота в Ar/N_2 смеси газов 7,4–7,7 % получены износостойкие покрытия с твердостью 1250 HK, коэффициентом трения 0,12–0,13 и объемным износом менее $6{,}310^{-11}$ мм^3 при нагрузке 500 мН.

Настоящее исследование проведено при финансовой поддержке Московского политехнического университета в рамках гранта имени В.Е. Фортова. Исследования выполнены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Наукоемкие технологии в машиностроении» Московского политехнического университета.

Список литературы

1. Veprek S., Reiprich S. A concept for the design of novel superhard coatings. *Thin Solid Films* 1995; 268: 64-71.

2. Musil J., Vlcek J., Zeman P. Hard amorphous nanocomposite coatings with oxidation resistance above 1000ºC. *Advances in Applied Ceramics* 2008; 107: 148-154.

Секция 3
ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА

Егоренков С.В.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
serg-egorenkow@yandex.ru
Парфеньева И.Е.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
iparfeneva@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ: МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Аннотация. В статье рассматривается использование датчиков давления в промышленных и технологических системах для оптимизации управления процессами в реальном времени. Особое внимание уделяется методам принятия управленческих решений, основанным на данных, получаемых с датчиков, и их влиянию на улучшение эффективности, безопасности и снижения затрат. Описаны основные принципы интеграции датчиков в системы мониторинга и управления, а также подходы к анализу и интерпретации получаемых данных. В работе представлены примеры успешного применения таких систем в различных отраслях, что демонстрирует высокую практическую ценность интеграции датчиков давления в процесс принятия решений.

Ключевые слова: датчики давления, системы мониторинга, управление процессами, принятие управленческих решений, реальное время, оптимизация, промышленность, безопасность, эффективность.

Egorenkov S.V.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
serg-egorenkow@yandex.ru
Parfenieva I.E.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
iparfeneva@mail.ru

APPLICATION OF PRESSURE SENSORS FOR PROCESS OPTIMIZATION: METHODS OF MANAGEMENT DECISION-MAKING IN REAL TIME

Abstact. The article discusses the use of pressure sensors in industrial and technological systems to optimize process control in real time. Special attention is paid to management decision-making methods based on sensor data and their impact on improving efficiency, safety, and cost

reduction. The basic principles of integrating sensors into monitoring and control systems, as well as approaches to analyzing and interpreting the data obtained, are described. The paper presents examples of successful applications of such systems in various industries, which demonstrates the high practical value of integrating pressure sensors into the decision-making process.

Keywords: pressure sensors, monitoring systems, process management, management decision-making, real-time, optimization, industry, safety, efficiency.

Современные технологии активно внедряются в различные отрасли, значительно повышая эффективность процессов и безопасность операций. Одним из ключевых элементов этих технологий являются датчики давления, которые играют важную роль в мониторинге и управлении различными промышленными системами. Использование этих датчиков позволяет получать точные и своевременные данные о состоянии оборудования и процессов, что, в свою очередь, открывает новые возможности для оптимизации производственных циклов и повышения качества продукции.

Однако для эффективного применения данных, получаемых с датчиков, необходимы надежные и продуманные методы принятия управленческих решений. Современные подходы требуют интеграции информации с датчиков в системы реального времени, что позволяет оперативно реагировать на изменения в процессе и минимизировать риски. В условиях повышенной конкуренции и глобализации промышленности, внедрение таких решений становится не только преимуществом, но и необходимостью для обеспечения стабильности и роста предприятий.

Цель данной статьи – рассмотреть основные методы и подходы, использующие данные датчиков давления для принятия управленческих решений, а также проанализировать практическое применение этих технологий в различных отраслях. В статье будет исследован процесс интеграции датчиков в существующие системы управления, а также возможности для их оптимизации и повышения эффективности управленческих решений.

Роль датчиков давления в современных промышленных системах

Датчики давления играют ключевую роль в мониторинге различных технологических процессов, обеспечивая точную информацию о состоянии оборудования, трубопроводных систем, реакторов, насосов и других критически важных элементов. Они позволяют оперативно отслеживать изменения давления, что важно для предотвращения аварийных ситуаций, оптимизации расхода энергии и сырья, а также для повышения долговечности оборудования. В большинстве современных систем такие датчики интегрируются в автоматизированные системы управления (АСУТП), что позволяет проводить мониторинг и регулировку процессов в реальном времени.

Методы обработки и анализа данных с датчиков давления

Данные, полученные с датчиков давления, требуют специфической обработки и анализа для получения полезной информации, которая может быть использована для принятия управленческих решений. Основные методы анализа данных включают:

1) Статистический анализ: используется для выявления закономерностей в полученных значениях давления и прогнозирования будущих изменений давления, что может помочь в планировании технического обслуживания и предотвращении возможных аварий.

2) Моделирование процессов: на основе данных с датчиков создаются математические модели, которые описывают поведение системы в различных условиях. Это помогает оптимизировать параметры работы оборудования и процессов.

3) Машинное обучение и искусственный интеллект: современные подходы включают использование алгоритмов машинного обучения для прогнозирования отклонений давления и автоматического реагирования на них, что повышает эффективность и надежность системы.

Интеграция данных с датчиков в системы принятия управленческих решений

Интеграция данных с датчиков давления в системы принятия управленческих решений позволяет значительно улучшить процесс управления. Системы, использующие данные в реальном времени, могут принимать оперативные решения на основе текущего состояния процессов, что приводит к:

- автоматизации процессов: в условиях реального времени, системы могут автоматически регулировать давление, управление потоками и другие параметры без вмешательства человека;

- предсказанию аварийных ситуаций: анализ данных с датчиков помогает предсказать отклонения, которые могут привести к авариям, и вовремя принять меры по устранению рисков;

- оптимизации затрат: постоянный мониторинг и управление процессами позволяют минимизировать лишние расходы, например, на энергоресурсы или материалы, путем оптимизации рабочих режимов.

Практическое применение датчиков давления в разных отраслях

Использование датчиков давления находит широкое применение в различных отраслях. Примеры успешного внедрения:

1) Нефтегазовая промышленность: для контроля давления в трубопроводах, предотвращения утечек и аварий. Интеграция в системы мониторинга позволяет значительно повысить безопасность и снизить вероятность крупных аварий.

2) Химическая промышленность: в реакторах и других устройствах, где поддержание давления в пределах заданных значений критично для безопасности и эффективности производства.

3) Энергетика: датчики давления используются для контроля работы котлов, турбин и насосных установок, что способствует оптимизации процессов и повышению общей эффективности энергетических систем.

Принципы принятия управленческих решений на основе данных с датчиков

Принятие управленческих решений на основе данных с датчиков давления должно основываться на нескольких принципах:

1) Достоверность данных: необходимо обеспечить высокую точность и надежность измерений для минимизации ошибок в принятии решений.

2) Оперативность: системы должны обеспечивать моментальное реагирование на изменения данных, что позволяет принимать решения в режиме реального времени.

3) Прогнозирование и профилактика: помимо оперативных решений, важно предусматривать долгосрочные меры по оптимизации работы оборудования на основе анализа тенденций и прогнозов, получаемых с датчиков.

Проблемы и вызовы при использовании датчиков давления в управленческих системах

Несмотря на преимущества, существуют определенные вызовы при внедрении и использовании датчиков давления:

1) Необходимость высококачественного оборудования: точность и надежность датчиков имеют решающее значение для правильности принимаемых решений.

2) Интеграция с существующими системами: многие компании сталкиваются с трудностью интеграции новых датчиков и технологий в старые системы управления, что требует дополнительных затрат и усилий.

3) Обработка больших объемов данных: с увеличением числа датчиков и объемов собираемых данных, возникает потребность в мощных вычислительных системах для их обработки и анализа.

Будущие перспективы использования датчиков давления

В будущем ожидается дальнейшее развитие технологий датчиков давления, включая улучшение их точности, интеграции с интернетом вещей (IoT) и развитием технологий искусственного интеллекта. Это откроет новые возможности для повышения автоматизации процессов, улучшения качества управления и обеспечения безопасности на предприятиях.

Анализ датчиков давления как важнейшего компонента систем промышленной автоматизации, обеспечивающего точные измерения и контроль различных промышленных процессов, делает возможным рекомендовать их для применения в промышленных и технологических системах для оптимизации управления процессами в реальном режиме времени.

Использование датчиков давления в системах мониторинга и управления оказывает значительное влияние на эффективность управления процессами, безопасность и экономию ресурсов. Применение таких технологий в сочетании с современными методами анализа и принятия управленческих решений открывает новые горизонты для оптимизации процессов и предотвращения аварий.

Список литературы

1. Волобуев В.А. Все о датчиках давления / Волобуев В.А. [Текст] // Овен Комплект Автоматика. – Москва, 2021. – с. 2-6.

2. Васенькин С.Н. Возможности интеллектуальных датчиков давления в управлении технологическими процессами / Васенькин С.Н. [Текст] // Интеллектуальные датчики давления – Караганда: Карагандинский Государственный Технический университет, 2022. – с. 1-8.

3. П.Г. Михайлов, Е.А. Мокров, С.В. Митрохин, А.П. Чернявский Особенности метрологического обеспечения современных датчиков давления пульсаций давления / П.Г. Михайлов [Текст] // Известия ЮФУ. Технические науки – 2012. – с. 174-178.

Акдодов И.Ё.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
akdodov01@bk.ru
Вячеславова О.Ф.
д.т.н., профессор кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vyache-smis@mail.ru

ИННОВАЦИОННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ

Аннотация. В статье дан анализ современных тенденций в области инноваций в управлении персоналом, рассмотрен практический опыт внедрения цифровых технологий, гибких методологий и HR-инструментов, а также предложены рекомендации по дальнейшему совершенствованию HR-процессов в инновационных организациях. Особое внимание уделяется влиянию новых HR-технологий на повышение качества продукции и услуг, что становится залогом конкурентоспособности компании.

*HR- Human resources (Человеческие ресурсы)

Ключевые слова: управление персоналом, HR-инструменты, инновационные организации, качество продукции и услуг, адаптивность организации.

Akdodov I.Yo.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
akdodov01@bk.ru
Vyacheslavova O.F.
Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Standardization,
Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vyache-smis@mail.ru

INTEGRATION OF INNOVATIVE HR MANAGEMENT TOOLS TO IMPROVE THE QUALITY OF PRODUCTS AND SERVICES

Abstract. The article provides an analysis of modern trends in the field of innovation in personnel management, considers practical experience in the implementation of digital technologies, flexible methodologies and HR tools, and offers recommendations for further improvement of HR

processes in innovative organizations. Particular attention is paid to the impact of new HR technologies on improving the quality of products and services, which becomes the key to the company's competitiveness.

Keywords: personnel management, HR tools, innovative organizations, quality of products and services, organizational adaptability.

В условиях глобальной конкуренции и стремительного технологического развития современные компании вынуждены постоянно адаптироваться к меняющейся внешней среде, совершенствовать производственные процессы и повышать качество выпускаемой продукции и предоставляемых услуг. Одним из ключевых факторов успеха становится эффективное управление персоналом, которое уже не ограничивается традиционными методами кадрового администрирования. Традиционные подходы, основанные на устоявшихся процедурах, зачастую оказываются недостаточно гибкими для быстрого реагирования на вызовы времени и не способны раскрыть инновационный потенциал сотрудников. Именно поэтому интеграция инновационных инструментов в систему управления персоналом приобретает стратегическое значение, позволяя обеспечить высокую адаптивность, оперативность и креативность организации.

Современные проблемы и роль инноваций в развитии HR-управления

Современный рынок характеризуется высокой динамичностью, постоянными технологическими прорывами и ростом требований потребителей. Организации, не способные оперативно адаптироваться к новым условиям, рискуют утратить конкурентные преимущества. В таких условиях управление персоналом становится неотъемлемой частью стратегии развития, поскольку именно сотрудники являются носителями знаний, творческого потенциала и источником инновационных идей и образуют так называемую «сердцевину» систем управления (менеджмента) в любой сфере деятельности.

Традиционные методы управления, основанные на жестких регламентах и централизованном контроле, часто не отвечают требованиям современных вызовов. Сотрудники стремятся к большей гибкости, возможности профессионального развития и активному участию в принятии решений, что гармонично сочетается с принципами системного управления, к которым можно отнести целостность, совместимость элементов целого, лабидизации функций, полифункциональность, итеративность, вариантность. Именно поэтому многие компании переходят на инновационные модели HR-менеджмента, которые включают использование цифровых инструментов, agile-методологий и методов командной работы. Такой подход позволяет не только оптимизировать кадровые процессы, но и стимулировать развитие творческого потенциала, что напрямую влияет на повышение качества конечного продукта или услуги.

Инновационные инструменты управления персоналом

Инновационные инструменты управления персоналом представлены достаточно широко и активно применяются в практике управления персоналом. Наиболее востребованными на сегодняшний день являются:

1. Платформы для совместной работы

Цифровые платформы, такие как Miro Board, позволяют организовывать работу распределённых команд, проводить видеоконференции, обмениваться идеями в режиме реального времени и визуализировать рабочие процессы. Использование таких инструментов способствует повышению прозрачности процессов, улучшению коммуникации между сотрудниками и сокращению временных затрат на координацию работы.

2. Agile-методологии и Scrum

Внедрение agile-подходов и Scrum-технологий позволяет организовать работу команды по принципу коротких итераций (спринтов) с регулярными встречами и постоянным контролем за выполнением задач. Это помогает быстро выявлять и устранять проблемы, оптимизировать рабочие процессы и повышать адаптивность организации к изменениям. Гибкость agile позволяет команде оперативно реагировать на возникающие вызовы и корректировать стратегию в процессе работы.

3. Системы автоматизированного управления талантами

Сегодня в активной практике применения систем автоматизированного управления талантами используется не менее 12 систем (Dee, Workday, Toggl Hire? Monday и др). Программные решения, такие как проекты по автоматизации HR-процессов (например, «Mirapolis»), помогают систематизировать процессы подбора, адаптации, обучения, оценки и развития сотрудников. Такие системы позволяют собрать, хранить и анализировать информацию о кандидатах, оптимизировать и улучшить процесс найма, обучения и мониторинга HR, выявить потенциальных лидеров, создать кадровый резерв и разрабатывать индивидуальные планы развития для каждого сотрудника, что значительно повышает качество работы команды.

4. Онлайн-системы обучения и развития

Электронные образовательные платформы, вебинары и специализированные LMS (Learning Management System) предоставляют сотрудникам возможность получать новые знания и развивать профессиональные навыки дистанционно. Это особенно актуально в условиях стремительных изменений, когда постоянное обучение становится необходимостью для поддержания конкурентоспособности.

5. Системы обратной связи и оценки эффективности

Современные системы оценки работы сотрудников (например, 360-градусная оценка, KPI, OKR) играют важную роль в повышении мотивации и оптимизации HR-процессов. Такие системы позволяют получать объективную обратную связь, выявлять слабые места в работе коллектива и принимать своевременные корректирующие меры, что способствует постоянному улучшению качества работы.

Практические аспекты внедрения инновационных технологий

Опыт крупных отечественных и зарубежных компаний показывает, что переход на инновационные методы управления персоналом ведет к значительному повышению эффективности работы организации. Например, в «Сбербанке» успешно внедрена гибкая система управления, объединяющая цифровые платформы для совместной работы с agile-методологиями, что позволило оптимизировать внутренние процессы и улучшить качество обслуживания клиентов. Аналогичный опыт отмечается в технологических и производственных компаниях, где автоматизированные системы управления талантами способствовали сокращению времени подбора сотрудников, оптимизации процессов адаптации и обучения, а также формированию инновационного кадрового резерва.

Применение цифровых инструментов также ведет к увеличению вовлеченности сотрудников и снижению текучести кадров. Внедрение систем обратной связи позволяет оперативно реагировать на изменения в работе коллектива и принимать корректирующие меры, что повышает удовлетворенность персонала и способствует развитию корпоративной культуры.

Для успешного внедрения инноваций важно не только выбрать соответствующие технологии, но и обеспечить качественную интеграцию новых методов в существующую систему управления. Руководство компании играет ключевую роль в этом процессе, создавая условия для инноваций, поддерживая инициативы сотрудников и организовывая регулярное обучение.

Роль HR-технологий в повышении качества продукции и услуг

Инновационные методы управления персоналом напрямую влияют на качество выпускаемой продукции и предоставляемых услуг. Во-первых, они способствуют повышению квалификации сотрудников и развитию их творческого потенциала. Постоянное обучение и развитие позволяют работникам не только выполнять свои обязанности на высоком уровне, но и генерировать новые идеи для улучшения процессов производства и обслуживания.

Во-вторых, оптимизация внутренних бизнес-процессов за счет внедрения цифровых инструментов позволяет сократить временные и материальные затраты, что положительно сказывается на общей эффективности организации. Agile-методологии, например, помогают ускорить цикл разработки продукта и внедрения новшеств, что обеспечивает своевременное реагирование на изменения на рынке.

Наконец, системы обратной связи и оценки эффективности способствуют объективному анализу работы сотрудников, позволяют своевременно выявлять проблемы и принимать

корректирующие меры. Это приводит к постоянному улучшению качества работы, повышению удовлетворенности клиентов и укреплению рыночных позиций компании.

Преимущества интеграции инновационных методов

Интеграция инновационных инструментов в систему управления персоналом предоставляет организации ряд значительных преимуществ:

• Оперативность принятия решений. Цифровые платформы и гибкие методологии позволяют руководству оперативно отслеживать ситуацию, получать актуальную обратную связь и вносить изменения в процессы практически в режиме реального времени.

• Снижение затрат и повышение эффективности. Автоматизация HR-процессов помогает оптимизировать работу отдела кадров, сокращая издержки на подбор, адаптацию и обучение сотрудников, что положительно сказывается на финансовых показателях.

• Развитие корпоративной культуры. Инновационные подходы способствуют формированию открытой и гибкой рабочей среды, где ценятся идеи, творчество и инициативность каждого сотрудника, что повышает уровень вовлеченности и удовлетворенности персонала.

• Улучшение качества продукции и услуг. Повышение профессионализма сотрудников и оптимизация внутренних процессов приводят к созданию продуктов и услуг высшего качества, что усиливает лояльность клиентов и укрепляет конкурентоспособность компании.

• Формирование инновационного кадрового резерва. Создание системы постоянного развития персонала позволяет формировать «инновационный кадровый резерв» – группу сотрудников, готовых возглавить проекты по внедрению новых идей и развитию компании.

Интеграция инновационных инструментов в систему управления персоналом становится ключевым элементом успешного развития современных организаций. Традиционные методы кадрового администрирования уже не могут обеспечить необходимую гибкость и адаптивность, требуемую для быстрого реагирования на изменения внешней среды. Применение цифровых платформ, agile-методологий, систем автоматизации HR-процессов и современных инструментов оценки эффективности способствует не только оптимизации работы отдела кадров, но и развитию творческого потенциала сотрудников.

Опыт крупных отечественных и зарубежных компаний свидетельствует о том, что инновационный HR-менеджмент является драйвером роста конкурентоспособности, повышая качество продукции и услуг за счет улучшения внутренних бизнес-процессов, снижения затрат и роста удовлетворенности персонала. Рекомендации, изложенные в данной статье, могут служить практическим руководством для руководителей компаний, стремящихся повысить эффективность HR-процессов и обеспечить устойчивое развитие бизнеса.

Таким образом, переход к инновационному управлению персоналом является стратегически важным направлением развития для современных организаций. Интеграция современных цифровых инструментов и гибких методологий позволяет создать благоприятную среду для развития персонала, оптимизировать рабочие процессы и значительно повысить конкурентоспособность компании.

Данная статья объединяет теоретические аспекты, практический опыт и рекомендации по внедрению инновационных HR-технологий, способствующих повышению качества продукции и услуг. Интеграция современных инструментов управления персоналом становится важнейшим элементом стратегии развития, позволяющим организациям успешно адаптироваться к условиям современной экономики и достигать высоких результатов в своей деятельности.

Список литературы

1. Проняева Л.И., Амелина А.В. Современные инновационные технологии в управлении персоналом // Вестник Орловского государственного университета. Серия: Новые гуманитарные исследования. – 2018. – № 1 (69). – С. 123–128.

2. Красностанова М.В., Кашпур А.К., Попова В.Г., Груздева Е.В. Инновации в управлении персоналом: теория и практика применения // Креативная экономика. – 2016. – Т. 10. – № 2. – С. 241–258.

3. Инновационные подходы в практике управления персоналом конкурентоспособных предприятий // Научный журнал «Символ науки». – 2017. – № 4. – С. 45–48.

4. Инновации в системе управления персоналом // HR блог Happy Job. – 2020.

5. Инновационные технологии в управлении персоналом: опыт внедрения проекта «Mirapolis» // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. – 2023. – Т. 34. – № 1. – С. 56–62.

6. Управление персоналом в современных организациях: принципы и методы // 42clouds. – 2023.

7. Методы и инструменты эффективного управления // TEAMLY. – 2023.

Жмайло М.А.
ведущий инженер Передовой инженерной школы «Цифровой инжиниринг»,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
zhmaylo@compmechlab.com

МЕТОД КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ АДДИТИВНЫХ ЭНДОПРОТЕЗОВ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

Аннотация. Эндопротезирование тазобедренного сустава – один из самых распространенных видов протезирования суставов человека. Данный вид протезирования является наиболее востребованным на текущий момент, и в ближайшие десятилетия ввиду увеличения продолжительности жизни населения объемы протезирования будут только расти. Вместе с объемами первичного протезирования возрастает и востребованность в персонализированных эндопротезах, применяющихся при ревизионном протезировании, сложных артропластиках или онкологических заболеваниях костных структур. По причине ряда особенностей производство и установка таких имплантатов не сопровождаются на регулярной основе контролем качества в части прочности. В настоящей работе приводятся краткие сведения о разработанном методе контроля качества эндопротезов тазобедренного сустава на основе цифровых испытаний. Ожидается, что данный метод сможет способствовать повышению качества изделий и к улучшению качества жизни пациентов.

Ключевые слова: контроль качества, персонализированная медицина, эндопротезы, тазобедренный сустав, цифровые испытания, аддитивное производство.

Zhmaylo M.A.
Lead Engineer
Advanced engineering school «Digital engineering»
Peter the Great Saint Petersburg polytechnic university
Russia, Saint Petersburg
zhmaylo@compmechlab.com

METHOD FOR QUALITY CONTROL OF PERSONALIZED ADDITIVE HIP ENDOPROSTHESES BASED ON DIGITAL TESTING

Abstact. Hip arthroplasty is one of the most common types of human joint prosthetics. This type of prosthetics is the most in demand at the moment, and in the coming decades, due to the increasing life expectancy of the population, the volume of prosthetics will only increase. Together with the volume of primary prosthetics, the demand for personalized endoprostheses for revision prosthetics, complex arthroplasties or oncological diseases of bone structures is also increasing. Due to a number of peculiarities, the production and placement of such implants is not routinely accom-

panied by quality control in terms of structural durability. This paper reports briefly on a developed method for quality control of hip arthroplasties based on digital testing. It is expected that this method can help to improve the quality of the products and improve the quality of life of patients.

Keywords: quality control, personalized medicine, endoprosthetics, hip joint, digital testing, additive manufacturing.

Современная медицина сталкивается с растущей потребностью в персонализированных решениях, особенно в области эндопротезирования тазобедренного сустава. Серийные имплантаты не всегда способны учесть индивидуальные анатомические особенности пациентов, поэтому все большее значение приобретают индивидуальные аддитивные эндопротезы, однако их применение в практике может требовать новых подходов к контролю качества.

Ключевой проблемой при создании персонализированных имплантатов является обеспечение механической прочности: в отличие от серийных протезов, каждый индивидуальный эндопротез требует отдельной проверки. При этом важно учитывать не только прочность самого имплантата, но и его взаимодействие с костью.

Тазобедренный сустав относится к числу наиболее крупных и нагруженных суставов [1]. Наиболее распространенные причины патологий – дегенеративные изменения и опухолевые поражения костных структур. Эндопротезирование позволяет существенно восстановить подвижность и уменьшить боль [1]. Тем не менее, даже при удовлетворительных результатах стандартного протезирования, серийные изделия имеют ограничения.

С появлением современных технологий проектирования и 3D-печати стало возможным создание индивидуальных эндопротезов, соответствующих анатомическим особенностям пациента. Такие имплантаты обладают существенным преимуществом – точно повторяют форму дефекта.

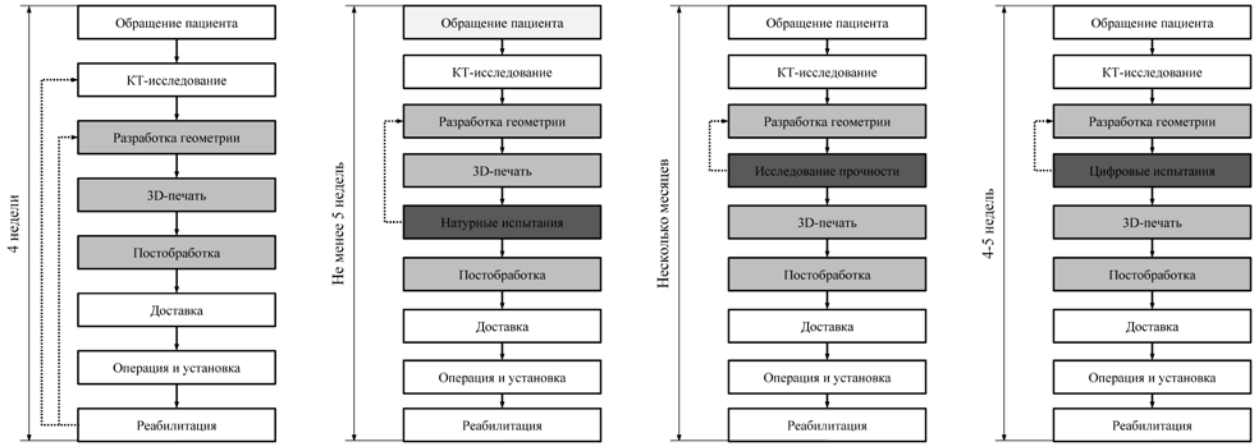
Индивидуальный характер производства ставит новые задачи перед системой контроля качества. Если для серийных изделий мониторинг материалов, контроль технологических процессов и выборочные механические испытания гарантировали прочность, то для новых решений требуется иной подход. Основная сложность заключается в уникальности каждого случая: анатомия пациента, характер дефекта и конструкция протеза варьируются, что делает невозможным применение стандартных методов. Вопрос о том, выдержит ли имплантат нагрузки и не приведет ли к повреждению кости, требует индивидуального рассмотрения [2–3]. Проведение механических испытаний для персонализированного имплантата – путь к значительному удорожанию лечения. Кроме того, действующие в данной области стандарты неприменимы к персонализированной продукции [4–5]. В этой связи рациональным решением является использование цифровых методов моделирования [6–7].

Качество персонализированного эндопротеза, как и качество протезирования, можно охарактеризовать неким комплексным показателем, который определяется качеством проектирования, качеством производства, точностью установки и другими единичными показателями. Один из них – прочность изделия под воздействием эксплуатационных нагрузок. Цель данной работы – краткое описание идеи метода контроля качества эндопротеза в части прочности на основе цифровых испытаний.

На текущем уровне развития технологий разработки и производства процесс разработки и производства персонализированных имплантатов строится в соответствии с алгоритмом, приведенным на рисунке 1 (а): после обращения пациента и выполнения компьютерной томографии разрабатывается геометрия эндопротеза, затем выполняются ее аддитивное производство и постобработка, после чего готовое изделие доставляется в клинику и имплантируется пациенту. При таком подходе о проблемах с прочностью изделия можно узнать только на этапе реабилитации, когда изделие будет разрушено, и пациенту придется проходить повторное протезирование.

Теоретически возможные улучшения данного алгоритма показаны на рисунках 1 (б) и 1 (в): цикл разработки может быть дополнен натурными испытаниями или типовым расчетным исследованием прочности. Эти подходы вполне применимы, но проведение натурного испытания сделает протезирование экономически нецелесообразным, а проведение стандартного

расчетного исследования прочности растянет процесс, который должен занимать не более месяца, на в несколько раз более продолжительное время.



(а) *(б)* *(в)* *(г)*

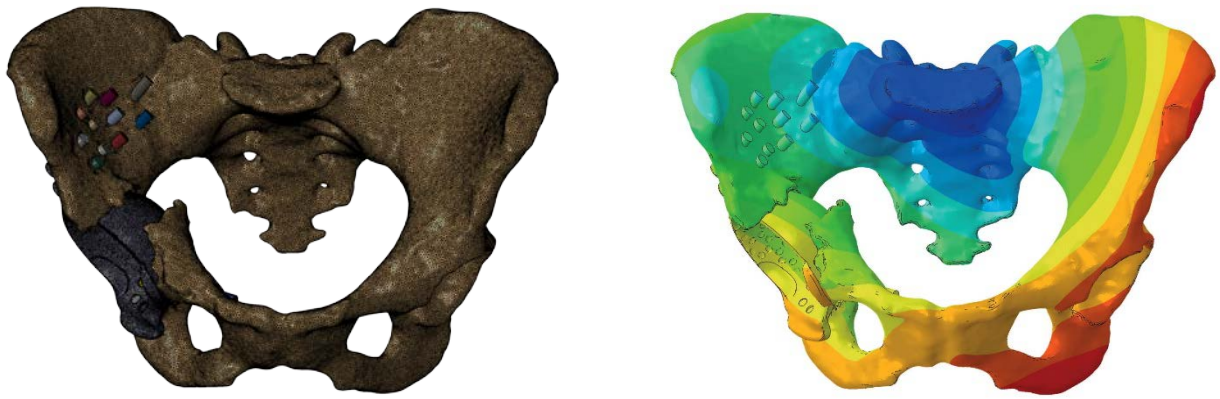
Рис. 1. Различные варианты реализации производственного процесса

С учетом имеющихся временных и финансовых ограничений реальным решением проблемы контроля прочности персонализированных эндопротезов может стать применение цифровых испытаний.

В рамках работы создан метод проведения цифровых испытаний для персонализированных аддитивных эндопротезов тазобедренного сустава. Его отличие от типовых исследований прочности состоит в специализированном подходе к подготовке расчетных моделей, применении высокоадекватного нагружения и оптимизированном алгоритме постобработки результатов.

Существующие стандартные подходы к контролю качества эндопротезов в части прочности строятся на механических испытаниях продукции на типовой оснастке. В случае с персонализированными решениями неуместно ни применение типовой оснастки, ни проведение механических испытаний в целом.

При проведении цифровых испытаний тестирование продукции производится на основе конечно-элементного моделирования системы «таз – эндопротез» с учетом физиологических нагрузок, полученных из [7] и адаптированных под конкретного пациента. Пример внешнего вида расчетной модели, примененной для одного из пациентов, показан на рисунке 2 (а), пример поля результатов приведен на рисунке 2 (б).



(а) *(б)*

Рис. 2. Пример внешнего вида расчетной модели и результатов

По результатам проведения испытаний в цифровом формате возможна как оценка статической, динамической и циклической прочности непосредственно эндопротеза, так и оценка риска разрушения костных структур пациента в условиях установки эндопротеза.

Рассматриваемый подход прошел валидацию на основе данных из открытых источников и практикуется в ряде клиник Санкт-Петербурга и Москвы.

В документе коротко представлен метод цифровых испытаний, открывающий новые возможности развития контроля качества персонализированных аддитивных эндопротезов тазобедренного сустава. В отличие от традиционных подходов, основанных на механических испытаниях серийных образцов, он позволяет комплексно оценивать прочность имплантатов с учетом индивидуальных анатомических особенностей пациента и реальных эксплуатационных нагрузок.

Ключевым преимуществом предложенного решения является его практическая реализуемость в условиях клинических ограничений. Метод устраняет необходимость дорогостоящих натурных испытаний для каждого конкретного случая, сохраняя при этом высокую точность оценки.

Внедрение цифровых испытаний в производственный цикл позволит не только повысить безопасность имплантатов за счет раннего выявления рисков, но и оптимизировать сроки разработки, что критически важно для пациентов, нуждающихся в срочном протезировании. Полученные результаты свидетельствуют о значительном потенциале метода для снижения количества ревизионных операций и улучшения качества жизни пациентов.

Список литературы

1. C. Brauer, M. Coca-Perraillon, D. Cutler, A. Rosen. Incidence and mortality of hip fractures in the United States // Journal of the American Medical Association. – 2009. – Vol. 302 (14). – P. 1573-1579.

2. J. Yong, C. Li, Y. Guang, D. Cheng, Y. Zhi, Y. Yan, D. Zu. A finite element analysis of the pelvic reconstruction using fibular transplantation fixed with four different rod-screw systems after typeresection // Chinese Medical Journal. – 2008. – Vol. 121 (4). – P. 321-326.

3. Y. Katz et al. Patient-specific finite element analysis of femurs with cemented hip implants // Clinical Biomechanics. – 2018. – 58. – P. 74-89.

4. ГОСТ Р ИСО 7206-12 – 2005. Имплантаты для хирургии. Эндопротезы тазобедренного сустава частичные и тотальные. Часть 10. Определение сопротивления статической нагрузке модульных бедренных головок. Москва: Стандартинформ, 2005. 12 с.

5. ГОСТ Р ИСО 7206-12 – 2019. Имплантаты для хирургии. Эндопротезы тазобедренного сустава частичные и тотальные. Часть 10. Метод определения деформации для ацетабулярных чашек. Москва: Стандартинформ, 2019. 15 с.

6. J. Fu, M. Ni, J. Chen, X. Li, W. Chai, L. Hao, G. Zhang, Y. Zhou. Reconstruction of severe acetabular bone defect with 3D Printed Ti6Al4V augment: a finite element study // BioMed Research International. – 2018. – Vol. 2018. – P. 1-8.

7. G. Bergmann, G. Deuretzbacher. Hip contact forces and gait patterns from routine activities // Journal of Biomechanics. – 2001. – Vol. 34 (7). – P. 859-871.

Зубарев А.С.
к.т.н., доцент, кафедры МТ-7,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Россия, Москва
aszubarev@bmstu.ru

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ БЕРЕЖЛИВОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ НАСТРОЕЧНЫХ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Аннотация. В статье рассмотрены алгоритмы действий для внедрения принципов и методов бережливого производства при серийном производстве образцов для неразрушающего контроля. Предложены способы повышения основных показателей при серийном производстве настроечных образцов для неразрушающего контроля на основе методов и принципов бережливого производства, которые, при внедрении на производство играют роль параметров порядка, подчиняя себе существующие традиционные порядки, и в перспективе смогут обеспечить значительное снижение суммарного уровня брака настроечных образцов по всем группам дефектов.

Ключевые слова: серийной производство, настроечный образец, бережливое производство, качество, показатели, неразрушающий контроль.

Zubarev A.S.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department MT-7
Bauman Moscow State Technical University
Russia, Moscow
aszubarev@bmstu.ru

ON THE POSSIBILITY OF APPLYING THE CONCEPT OF THRIFT IN THE PRODUCTION OF TUNING SAMPLES FOR NON-DESTRUCTIVE TESTING

Abstact. The article discusses algorithms for implementing the principles and methods of lean manufacturing in the serial production of samples for non-destructive testing. The methods of increasing the basic indicators in the serial production of testing samples for non-destructive testing based on the methods and principles of lean manufacturing are proposed, which, when introduced into production, play the role of order parameters, subordinating existing traditional orders, and in the future will be able to significantly reduce the total rejection rate of testing samples for all groups of defects.

Keywords: serial production, testing sample, lean manufacturing, quality, performance, non-destructive testing.

Неразрушающий контроль применяется практически во всех, без исключения, отраслях современной промышленности, без применения контрольных операций на всех этапах современного производства становится невозможным обеспечить качество готовой продукции. Для основных методов неразрушающего контроля, применяемых в промышленности, в соответствии с действующими НТД, регламентировано применение настроечных образцов. Настроечные образцы, как правило, имеют искусственные дефекты, необходимые для настройки браковочного уровня чувствительности (в случае ультразвукового контроля). По состоянию на 2024 год на территории РФ насчитывается более 150 действующих НТД во всех ключевых отраслях промышленности, регламентирующих применение настроечных образцов и имеющие рекомендации по их производству [1].

Общее падение во всех производственных сферах в 90-е г. Привело к снижению потребности в изготовлении настроечных образцов т.к. с конца 60х и до начала 90х производство настроечных образцов на территории СССР было сосредоточено в ряде НИИ и имелись незначительные опытные производства в таких организациях как ВНИИСТ, ЦНИИТМАШ,

завод Интроскоп г. Кишинев и др. Следствием снижения потребности в настроечных образцах стало значительное падение их производства. К общим факторам снижения производства можно отнести:

- изменение уровня инженерного обслуживания производства;
- снижение основных эксплуатационных характеристик производственного оборудования и станков (в т.ч. в результате их морального устаревания);
- фактическое отсутствие в составе производственной организации научно-исследовательских отделов (отсутствие новых технологических разработок);
- снижение квалификации персонала всех уровней;

На основании общих теоретических положений концепции бережливости можно сделать предположение, что значительную часть производственного потенциала можно реализовать за счет организационных и низкозатратных мер. Следует отметить, что настроечные образцы, применяемые на территории РФ, могут также быть изготовлены зарубежными производителями (как пример, можно привести образец V2, выпускаемый в соответствии с ГОСТ Р 55724-2013 и также этот образец может быть выпущен в соответствии с европейским стандартом EN 27963:1992). Имея теоретическое преимущество перед зарубежными поставщиками благодаря низкой стоимости сырья, энергии и труда, отечественное производство настроечных образцов теряет это преимущество за счет упомянутых выше факторов. Таким образом становится очевидной необходимость применения нового подхода, включающего новые методы управления и организации производства в сочетании с прогрессивными технико-технологическими решениями. Для достижения достаточного уровня эффективности производства настроечных образцов необходим комплекс мероприятий, направленный на устранение дефектов при производстве образцов и нацеленный в дальнейшем на предупреждение причин их появления, т.к. ключевым фактором повышения эффективности производственных организаций является борьба с потерями.

Предела совершенству нет, можно лишь стремиться к нему. Для совершенствования массовых производственных процессов предлагается система организации и управления производственными организациями, получившая в России название «бережливое производство» [2]. Концепция бережливого производства ориентирована на борьбу с потерями во всех сферах деятельности организации. Согласно концепции бережливого производства организация, вне зависимости от финансовых показателей, должна постоянно совершенствовать свои процессы.

Основная цель бережливого производства – это постоянное повышение эффективности деятельности производственной организации за счет улучшений в планировании и организации производства, без привлечения значительных инвестиций.

Главными принципами бережливого производства являются:

- определение ценности изделия – понимание того, что является ценностью для конечного потребителя;
- определение потока создания ценности для данного изделия – анализ работы системы производства в организации и выявление потерь;
- организация непрерывного потока создания ценности изделия – создание на производстве потока, обеспечивающего непрерывное движение от поставок материала заготовок и вспомогательных материалов до готовой продукции;
- применение системы «вытягивания» изделия – организация технологических процессов производства изделия таким образом, чтобы технологические операции на предыдущей стадии выполнялись по запросу с последующей стадии обработки;
- непрерывное совершенствование – постоянное улучшение производственной деятельности с целью увеличения ценности и уменьшения потерь.

Принципы бережливого производства могут быть реализованы с помощью методов и инструментов. К методам и инструментам бережливого производства относятся:

- система организации рабочего места «пять S» – система организации рабочего места, позволяющая значительно повысить эффективность, управляемость операционной зоны, обеспечить повышение производительности труда;

- «картирование» потока создания ценности – составление специализированных карт с описанием всех видов действий, выполняемых в ходе создания ценности изделия. Дополнительно разрабатываются карты текущего состояния процесса с указанием применения комплекса мероприятий с целью понижения общего количества потерь;

- организация единичного производственного потока;

- визуальное управление и контроль за производственными процессами – способы и технические устройства, информирующие персонал о том, как должна выполняться работа, или позволяющие оценить текущее состояние технологического процесса по принципу «норма» или «отклонение»;

- система быстрой переналадки оборудования – правила и процедуры, позволяющие быстро выполнять переналадку технологического оборудования;

- система всеобщего обслуживания оборудования (TPM-Total Productive Maintenance) – достаточное количество мероприятий, целью которых является поддержание технологического оборудования в рабочем состоянии, обеспечение производства качественных изделий, выполнение требований по безопасности персонала и снижение влияния на окружающую среду. Основой метода TPM также является стабилизация и постоянное улучшение процессов технического обслуживания оборудования, система планово-предупредительного ремонта, работа по принципу «ноль дефектов» и систематическое устранение всех видов потерь;

- система «точно вовремя» – система, предполагающая организацию поставки всех необходимых предметов для выполнения технологического процесса в требуемое время и в требуемом количестве по мере необходимости;

- стандартизированная работа – работа с применением документов с точным описанием порядка и типа выполнения действий для каждого технологического процесса и исполнителя;

- система бездефектного изготовления продукции – использование комплекса мероприятий, методов и оборудования, предотвращающих появление дефектов;

- система непрерывного совершенствования (кайдзен – kaizen) – комплекс мероприятий, обеспечивающий непрерывное улучшение всех производственных процессов.

Стартовой точкой подхода к бережливому производству является ценность. Ценность создается производителем. Основная проблема при внедрении бережливого производства заключается в том, что каждое из подразделений, задействованных в производственной цепочке, осознает и поддерживает только собственную эффективность и не оценивает производственный процесс изготовления настроечного образца целиком. Основой концепции бережливого производства является создание ценности и минимизации сопутствующих производственных потерь. Процесс создание ценности проходит длинный путь, который ведет через ряд структурных подразделений, каждое из которых старается определить эту ценность по-своему, исходя из своего видения процесса. Завершающим этапом нужного пути будет организация межфункциональной командной работы с целью переосмысления (реорганизации) всех технологических процессов внутри производственной организации.

Следующим шагом внедрения концепции бережливого производства будет разработка потока создания ценности на примере одной технологической цепочки и затем расширение сферы его применения. Для этого, на стартовом этапе весь технологический процесс разбивается на подпроцессы и технологические операции, которые описываются и анализируются как отдельные части. Далее для описания технологических процессов составляется карта потока создания ценности. Построение карты потока создания ценности – это инструмент управления качеством. Этот инструмент представляет собой подробное описание всего технологического процесса производственной деятельности, которое выполняется для текущего состояния «как есть» и будущего состояния «как должно быть». Построенная карта потока создания ценности позволяет:

- в достаточной степени произвести оценку как отдельного технологического процесса, так и всего потока;

- определить все виды производственных потерь в потоке создания ценности, а также их источники;

- производить обсуждение технологических процессов со всеми структурными подразделениями организации в единой и понятной всем участникам обсуждения терминологии;

- производить на ее основе планирование внедрения изменений в соответствии с концепцией бережливого производства.

Важным инструментом бережливого производства является система «пять S». Система «пять S» представляет собой систему организации рабочего места. Данная концепция имеет в своей основе философию низкозатратного, бережливого производства. Система «пять S» является важной частью всей культуры производства и системы качества организации. Данная система избавляет исполнителя от потери времени на поиск необходимых инструментов, документации, вспомогательного оборудования и т. Д., а также повышает производительность труда и создает атмосферу комфорта на рабочем месте [2,3]. Название метода происходит от пяти слов, которые начинаются с буквы С:

1. «Сортировка» (упорядочи, отделив нужное от ненужного) – чёткое разделение вещей на нужные и ненужные и избавление от последних:

- незавершенное производство (ненужные заготовки);
- неиспользуемое оборудование, оснастка, измерительный инструмент и т.д.;
- забракованные изделия;
- не нужная технологическая документация.

2. «Соблюдение порядка» (аккуратно расположи, что осталось) – организация хранения необходимых вещей, которая позволяет быстро и просто их найти, и использовать. Расположение предметов должно соответствовать требованиям охраны труда, нормам качества и обеспечивать эффективность работы.

3. «Содержание в чистоте» (уборка) – соблюдение порядка и чистоты на рабочем месте.

4. «Стандартизация» (поддержание порядка, дисциплина) – является необходимым условием для выполнения первых трёх правил. Подразумевает обязательное выполнение правил по содержанию рабочего места, технологии работы и других технологических процессов.

5. «Совершенствование» (формирование привычки) – воспитание привычки точного выполнения установленных правил, процедур и технологических операций.

Методы. Все технологические процессы, применяемые при серийном производстве настроечных образцов, являются сложными. Ценностью серийного производства настроечных образцов является годный настроечный образец. Для создания годного настроечного образца необходимо определить ту часть затрат, от которой можно уйти при помощи методов бережливого производства. Потоком создания ценности, в данном случае, будет являться совокупность всех действий, необходимых для того, чтобы годный настроечный образец прошел все этапы. Методы и инструменты бережливого производства способны в достаточной мере обеспечить трансформацию производств настроечных образцов. В рамках совершенствования технологий по производству настроечных образцов и решения проблем их качества, производства данного вида предлагается рассматривать как систему и использовать при внедрении концепции бережливого производства методы быстрого времени реагирования [4] и синергетики [5].

Предлагаемый алгоритм действий при внедрении бережливого производства предполагает осуществление нескольких этапов и представлен на Рис. 1.

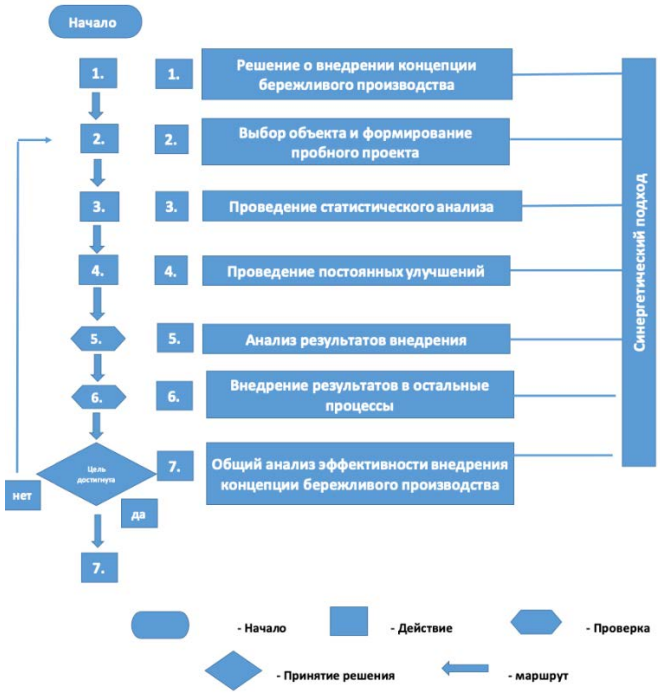


Рис. 1. Алгоритм действий при внедрении концепции бережливого производства

1-й этап. Принятие организацией решения о начале перехода к бережливому производству с синергетическим подходом. На данном этапе необходимо пояснение персоналу причин перехода, постановка целей и задач и формирование команды для организации работ в соответствии с принятой концепцией. Также на данном этапе необходима организация обучения задействованного персонала основам концепции бережливого производства и основным законам синергетики.

2-й этап. Выбор объекта исследования, формирование пробного проекта. В связи с тем, что реализация проекта требует значительных изменений в существующей производственной системе, необходимо определение именно тех процессов, которые в наибольшей степени приводят к появлению дефектных изделий.

3-й этап. Проведение статистического анализа, построение карты текущего состояния создания ценности для выбранного процесса (в состоянии «как есть»). Определение параметров процесса и определение потерь. Разработка комплекса мероприятий по уменьшению и полному устранению потерь.

4-й этап. Реализация проекта и анализ результатов его внедрения. Проведение постоянных улучшений с применением инструментов бережливости с синергетическим подходом. Конечная эффективность результатов внедрения бережливости будет зависеть от синергетического подхода к реализации этапов.

5-й этап. Анализ результатов внедрения проекта. Проводится оценка результатов внедрения, запланированного с помощью показателей выполнения процесса; определяется, степень его завершенности, проводится сравнение достигнутых показателей с нормативными значениями. Полученная информация о результатах внедрения должна быть доведена до всего персонала организации.

6-й этап. Внедрение полученных положительных результатов проекта в другие технологические процессы и подразделения организации. Достигнутые улучшения процессов следует оформить и утвердить в виде стандартных процедур, в соответствии с которыми в каждый последующий момент времени эти процессы могут быть выполнены одинаковым образом при минимальной изменчивости (вариации) их характеристик.

7-й этап. На основании информации, полученной на всех предыдущих этапах, сформированной командой и руководством организации принимается окончательное решение об утверждении и принятии внутри организации концепции бережливого производства с синергетическим подходом.

В дополнение к внедрению концепции бережливости становится очевидным необходимость внедрения системы «пять S» так как качество производимых настроечных образцов начинается с рабочего места. Предлагаемый алгоритм внедрения системы «пять S», состоит из 5 этапов и представлен на Рис. 2.



Рис. 2. Этапы внедрения системы «пять S»

1-й этап. Изучение концепции и принятие системы в задействованных структурных подразделениях организации. Подготовка необходимых изменений в технологическую документацию;

2-й этап. Приведение в порядок рабочих мест и распределение ответственности;

3-й этап. Организация комплекса мероприятий по контролю за состоянием рабочих мест. Назначение ответственных исполнителей за проведение контрольных мероприятий;

4-й этап. Корректировка и закрепление правил содержания рабочих мест на основании информации, полученной на предыдущих этапах;

5-й этап. Постоянное совершенствование.

Внедрение концепции бережливого производства в организации по производству настроечных образцов и специализированной оснастки также подразумевает в обязательном порядке внедрение метода ТРМ. Внедрение этого метода является одним из факторов определяющих качество выпускаемых образцов т.к. от состояния применяемого оборудования (станков и специализированной оснастки), степени автоматизации производства и уровня его технической оснащенности, зависит общая эффективность его работы. Только при совместной работе команды специалистов, становится возможным определение возникающих неисправностей на начальных стадиях, что делает возможным продление срока службы оборудования, дает возможность быстро локализовать возникшую проблему и снижает риск возможных простоев и аварий на производстве. С целью обеспечения эффективного взаимодействия и для определения количества остановок для выполнения плановых ремонтных работ возникает необходимость включения в команду представителей различных структурных подразделений организации, задействованных в производстве.

Внедрение метода ТРМ на производстве настроечных образцов для неразрушающего контроля предлагается разделить на ряд этапов (Рис. 3):

1-й этап. Принятие решения о переходе к системе ТРМ. На данном этапе проводится анализ со стороны руководства о степени готовности подразделений организации к внедре-

нию системы ТРМ. Процесс внедрения ТРМ осуществляется командой, в которую должны входить специалисты всех заинтересованных структурных подразделений организации.

2-й этап. Определение основных целей и положений. Основная цель внедрения метода ТРМ – это повышение эффективности производственной организации за счет повышения эффективности оборудования, производственных процессов, а также повышения качества продукции и снижение производственных рисков.

3-й этап. Организация и проведение обучения персонала. Все члены команды должны разбираться в возникающих при ремонте технических и технологических вопросах, а также понимать и применять используемые методы бережливости, а также иметь представление об основных законы синергетики.

4-й этап. Непосредственное внедрение в организации системы «пять S», как составляющей части метода ТРМ;

5-й этап. Проведение анализа состояния технологического оборудования и специализированной оснастки. Дополнительно необходима проработка всей технологической документация (паспортов, РЭ, формуляров, свидетельств о поверке и т.д.), организация проверки качества проводимых планово-предупредительных ремонтов (ППР) и технического обслуживания (ТО) оборудования и специализированной оснастки.

6-й этап. Внедрение и утверждение системы ТРМ в организации. Функционирующая система ТРМ делает возможным повысить эффективность производственного оборудования и специализированной, повысить эффективность использования финансовых ресурсов организации, выделяемых на техническое перевооружение, а также снизить затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования. Дополнительно внедрение системы ТРМ позволит повысить качество выпускаемых настроечных образцов, приведет к уменьшению времени простоя оборудования и время пусконаладочных работ, что положительно отразится на производительности труда в организации.

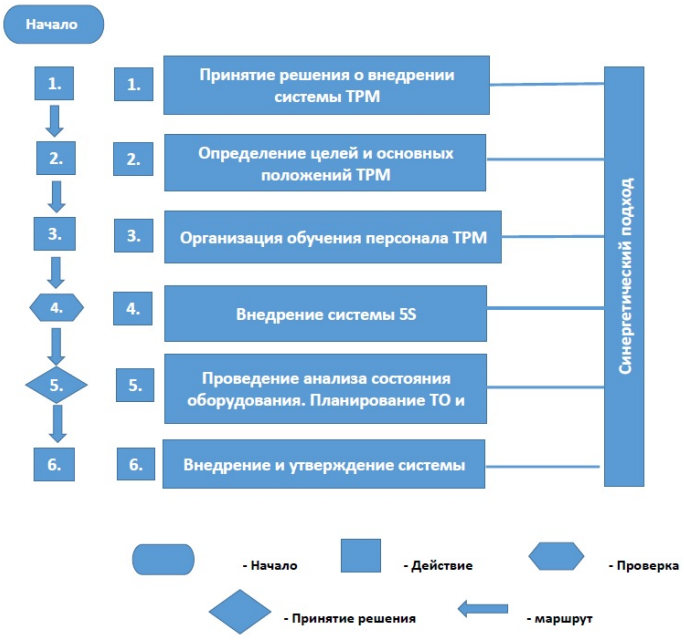


Рис. 3. Этапы внедрения системы ТРМ

Результаты. Планируется внедрение разработанной концепции бережливого производства в одной из основных действующих организаций по производству настроечных образцов для неразрушающего контроля. Внедрение концепции бережливого производства с целью снижения производственных потерь и общего повышения эффективности производства предлагается проводить по всем основным направлениям, среди которых разработка технологической документации, служба ремонта и обслуживания оборудования, система менеджмента качества организации, конструкторский отдел, служба входного контроля заготовок и

метрологическая служба. Начать предлагается с доведения до персонала основных принципов и методов бережливого производства, после этого организовать наведение порядка на рабочих местах по системе «пять S». Дальнейшие мероприятия следует направлять на обеспечение безопасности труда, повышение его качества и производительности, а также на оптимизацию использования производственных ресурсов, уделяя особое внимание необходимости отсутствия всего лишнего на рабочих местах с целью максимального снижения потерь при их использовании.

Для дальнейшего повышения качества выпускаемых настроечных образцов и улучшения параметров применяемых технологических процессов предлагается дополнительное создание и введение в действие «кружков качества» т.к. наличие действующих «кружков качества» будет являться фактором проявления синергетического подхода к поставленным проблемам ввиду того, что главным отличием этих кружков от индивидуального рационализаторства будет заключаться в коллективной работе. Для совершенствования технологического процесса производства настроечных образцов вместе с конструкторским и технологическим отделами предлагается участие всего персонала, задействованного в технологическом потоке – от входного контроля металла до проведения конечных технологических операций. Важным направлением является проведение «кружков качества» в которых специалисты смогут обмениваться опытом, выявлять и обсуждать проблемы, готовить кайдзен-проекты и кайдзен-предложения необходимые для их устранения. Также планируется создание на производстве соответствующей атмосферы, в которой каждый сотрудник, независимо от занимаемой должности сможет выдвигать предложения по улучшению какого-либо технологического процесса, атмосферы в которой каждый сотрудник мог бы считать себя частью единой команды и имел бы понимание значимости своего вклада в общее дело и за каждое эффективное предложение мог бы получать соответствующее мотивирующее поощрение.

С целью проведения эксперимента по определению возможности внедрения принципа бережливого производства предлагается в выделение экспериментального пилотного участка перекрывающего все этапы технологического процесса изготовления настроечных образцов, руководствуясь основным принципом – «обеспечение непрерывного потока создания ценности изделия». Для выполнения поставленных задач рекомендуется, исходя из возможностей организации, формирование межфункциональной команды из специалистов основных структурных подразделений и распределение зоны их ответственности за следующие этапы производственного цикла:

– операции по подготовке заготовки настроечного образца;

– операции по нанесению искусственных дефектов на образец;

– ремонт и обслуживание станков и специализированной оснастки;

– метрологическое и технологическое сопровождение всего процесса изготовления настроечных образцов;

– контроль качества всех операций и анализ бракованных изделий в процессе изготовления настроечных образцов.

Среди задач, поставленных для межфункциональной команды основной будет являться изучение реального состояния и возможностей каждого производственного участка во всей технологической цепочке и в дальнейшем создание кайдзен-проекта на основе принципов бережливости, целью которого будет «обеспечение непрерывного потока ценности конечного изделия». После этих этапов, дальнейшими действиями межфункциональной команды будут проведение статистического анализа всего технологического потока изготовления настроечных образцов и с применением основных инструментов качества с целью определения основных направлений совершенствования. Предполагается, что результатами проведения данных экспериментов будет определено реальное состояние станочного парка и специализированной оснастки, определено соответствие параметров конкретного технологического процесса заданным значениям с требуемой точностью и дана оценка общей стабильности технологического процесса. Далее, согласно плану эксперимента, следует провести комплекс мероприятий по устранению выявленных несоответствий, обнаруженных в результате статистического анализа процесса, с использованием метода бережливого производства «система

всеобщего обслуживания оборудования (TPM-Total Productive Maintenance)», адаптированного для условий производства настроечных образцов для неразрушающего контроля и при необходимости использовать методы и инструменты быстрореагирующего производства для внедрения конструкторско-технологических усовершенствований.

Обсуждение результатов. При традиционном серийном производстве сотрудник видит лишь небольшую часть выполненной им работы от общей деятельности организации и в большинстве случаев не имеет никакой обратной связи с ее результатами. Выполнение поставленной перед ним задачи требует незначительной концентрации внимания и применения небольшой части его способностей. В современных реалиях структурные подразделения организации, входящие в единый поток создания ценности годных настроечных образцов в большинстве случаев не будут уделять внимание проблемам смежных структурных подразделений, но при этом будут стараться тщательно изучались только свои собственные проблемы и не будут предпринимать попытки рассмотреть поток создания ценности целиком. Предполагается, что появление межфункциональной команды, основной целью которой будут принципы бережливости, вдохновит и направит все службы и подразделения организации по производству настроечных образцов для неразрушающего контроля на изготовление качественных образцов с высокой эффективностью и даст оценку ситуации в целом. Ориентируясь на межфункциональную команду, все остальные структурные подразделения сознательно, самостоятельно и постепенно перейдут к бережливой системе, в которой ценностью будет получение качественного настроечного образца с высокой эффективностью. Рабочие и инженерно-технологический состав, у которых традиционно, до внедрения концепции бережливости, в качестве главной задачи стояло выполнение плана, изменят свое отношение и к качеству выполнения всех технологических операций. Специалисты, занимающиеся ремонтом оборудования и специализированной оснастки, которые традиционно, до внедрения концепции бережливости, считали, что их главная цель – это только поддержание технологического оборудования и оснастки в рабочем состоянии, начнут дополнительно контролировать параметры оборудования на соответствие заданным значениям технологической точности. Подводя итог, следует сделать предположение что, межфункциональная команда сможет показать отдельным структурным подразделениям, как коллективное поведение решает сложные проблемы при поддержке друг друга и согласовании друг с другом своих действий.

Список литературы

1. Анализ требований к средствам метрологического обеспечения методов и средств ультразвукового контроля / А. И. Шихов, К. В. Гоголинский, А. С. Зубарев [и др.] // Дефектоскопия. – 2025. – № 3. – С. 29-46. – DOI 10.31857/S0130308225030039. – EDN OLYDUS.

2. Джеймс П. Вумек, Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Джеймс П. Вумек, Дэниел Т. Джонс. Пер.с англ.-2-е изд. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. 473 с.

3. Вялов А.В. Бережливое производство; учебное пособие. Комсомольск -на-Амуре: КнАГТУ, 2014. 100 с.

4. Сури Р, Время – деньги. Конкурентное преимущество быстрореагирующего производства / пер. с англ. В.В. Делюхина. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 326 с.

5. Хакен Г. Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. 320 с.

6. Зубарев, А. С. Методы и инструменты качества для борьбы с дефектами при производстве мер (настроечных образцов) для неразрушающего контроля / А. С. Зубарев, В. Н. Козловский // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 5. – С. 3-6. – DOI 10.24412/2071-6168-2024-5-3-4. – EDN FVBQUZ.

7. Зубарев, А. С. Проблемы метрологического обеспечения мер (настроечных образцов) для ультразвукового метода неразрушающего контроля, выпускаемых в соответствии с ГОСТ Р 55724-2013 / А. С. Зубарев // Акустооптические и радиолокационные методы измерений и обработки информации: Труды XVI Международной научно-технической конфе-

ренции, Суздаль, 09–12 октября 2023 года. – Москва: Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН, 2023. – С. 299-304. – DOI 10.25210/armimp-2023-MLQOQC. – EDN MLQOQC.

8. Зубарев, А. С. Комплекс методов и инструментов качества в производстве мер (настроечных образцов) для неразрушающего контроля / А. С. Зубарев // СМИС-2024. Технологии управления качеством: Материалы Международной научно-технической конференции, Москва, 22–24 мая 2024 года. – Москва: Московский Политех, 2024. – С. 315-324. – EDN KJSCQY.

9. Зубарев, А. С. Инструменты качества при производстве настроечных образцов для неразрушающего контроля на основе бережливости и синергетики / А. С. Зубарев // Качество. Инновации. Образование. – 2024. – № 5(193). – С. 36-45. – DOI 10.31145/1999-513x-2024-5-35-45. – EDN PUPQQX.

Кабанова С.М.
главный специалист Центра менеджмента качества,
МГТУ «СТАНКИН»,
Россия, Москва
s.kabanova@stankin.ru

ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА: ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ВЕРИФИКАЦИЕЙ

Аннотация. В данной статье рассматривается инновационный подход к построению систем контроля и управления качеством (КСМК) на основе гибридного интеллекта, сочетающего методы машинного обучения и экспертных систем. Проведен комплексный анализ современных технологий в области автоматизированного контроля качества, включая глубокое обучение, обработку изображений и временных рядов. Разработана трехуровневая архитектура гибридной системы, интегрирующая IoT-сенсоры, нейросетевые модели и механизмы экспертной валидации. Экспериментальные исследования проводились на реальном производственном участке машиностроительного предприятия в течение 6 месяцев. Полученные результаты демонстрируют повышение точности обнаружения дефектов до 98,7%, сокращение времени принятия решений на 35% и снижение экономических потерь от брака на 18% по сравнению с традиционными системами контроля.

Ключевые слова: гибридный интеллект, контроль качества, глубокое обучение, промышленный интернет вещей, экспертные системы, автоматизация производства, управление качеством.

Kabanova S.M.
Chief Specialist of the Quality Management Center
MSUT «STANKIN»
Russia, Moscow
s.kabanova@stankin.ru

TECHNOLOGIES AND INNOVATIONS IN QUALITY: APPLICATION OF HYBRID INTELLIGENCE IN QUALITY CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEMS WITH EXPERIMENTAL VERIFICATION

Abstact. This article explores an innovative approach to building quality control and management systems (QCMS) based on hybrid intelligence, combining machine learning methods and expert systems. A comprehensive analysis of modern technologies in automated quality control is

conducted, including deep learning, image processing, and time-series analysis. A three-level architecture of a hybrid system is developed, integrating IoT sensors, neural network models, and expert validation mechanisms. Experimental studies were carried out on an actual production site of a machine-building enterprise over six months. The results demonstrate an improvement in defect detection accuracy to 98.7%, a 35% reduction in decision-making time, and an 18% decrease in economic losses due to defects compared to traditional control systems.

Keywords: hybrid intelligence, quality control, deep learning, industrial Internet of Things (IIoT), expert systems, production automation, quality management.

Современное промышленное производство требует принципиально новых подходов к обеспечению качества продукции. Традиционные системы статистического контроля процессов (SPC) демонстрируют ограниченную эффективность в условиях высокотехнологичных производств с большими объемами данных. В данной работе представлена гибридная интеллектуальная система, объединяющая методы искусственного интеллекта и экспертные знания для решения задач контроля качества.

Автоматизация контроля качества активно исследуется в последние годы. Хотя традиционные статистические методы [1] остаются востребованными, они эффективны лишь для стабильных процессов [2]. Нейросетевые подходы [3] повышают точность, но страдают недостаточной интерпретируемостью [4]. Гибридные системы [5,6], сочетающие искусственный интеллект (ИИ) и экспертные знания, перспективны, однако требуют дальнейшего изучения их практического применения.

Основной целью данного исследования является разработка и экспериментальная верификация гибридной интеллектуальной системы контроля качества, обеспечивающей:

- автоматизированный сбор и обработку гетерогенных данных (параметры технологического процесса, изображения продукции, результаты измерений);
- высокоточное обнаружение дефектов продукции с использованием ансамбля нейросетевых моделей;
- экспертную валидацию и корректировку принимаемых решений;
- адаптацию системы к изменениям производственных условий.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать архитектуру гибридной системы, оптимально сочетающую методы машинного обучения и экспертные знания;
- реализовать алгоритмы предобработки и анализа производственных данных;
- провести сравнительные испытания разработанной системы с традиционными методами контроля качества.

Архитектура гибридной системы

Предлагаемая система построена по модульному принципу и включает три основных уровня:

1. Уровень сбора данных:
- сенсорная сеть (температура, давление, вибрация);
- система машинного зрения (промышленные камеры 16 Мп);
- источники производственных данных (MES, ERP).
2. Аналитический уровень:
- модуль предобработки данных (нормализация, фильтрация);
- ансамбль нейросетевых моделей (ResNet50, LSTM, Random Forest);
- механизм агрегации решений.
3. Экспертный уровень:
- база знаний (производственные стандарты, ТУ);
- система логического вывода (правила if-then);
- интерфейс экспертной валидации.

Экспериментальные исследования проводились на производственной линии по выпуску автомобильных компонентов. В качестве объекта исследования выбраны 15 типовых деталей, характеризующихся различными видами возможных дефектов.

Для сбора данных использовались:

- 25 промышленных датчиков (температура, давление, вибрация);
- 3 системы машинного зрения с частотой 60 кадров/сек;
- производственная информационная система (MES).

Общий объем выборки составил 125 000 единиц продукции, включая 8 700 изделий с подтвержденными дефектами. Обучение моделей проводилось на 80% данных, остальные 20% использовались для тестирования.

Экспериментальные исследования проводились на базе одного машиностроительного предприятия в рамках серийного производства корпусных деталей трансмиссии. Период тестирования составил **6 месяцев** (январь – июнь 2024 г.), что позволило учесть сезонные колебания параметров производства.

Количественные показатели:

- точность классификации: 98,7% (99,1% для трещин);
- время обработки: 82±4 мс/изделие;
- снижение уровня брака: с 3,2% до 2,1% (▼34,4%);
- ROI: 217%, срок окупаемости 5,3 мес.

Качественные улучшения:

- сокращение ложных срабатываний: с 8,2% до 1,3%;
- уменьшение времени обучения операторов: с 14 до 3 дней;
- автоматическая адаптация к новым типам дефектов.

Количественные результаты

Точность классификации:

Таблица

Категории дефектов

Категория дефекта	Точность (%)	Recall (%)	F1-score
Трещины поверхностные	99.1 ± 0.2	98.7	0.989
Геометрические отклонения	97.8 ± 0.3	96.5	0.971
Неоднородность материала	95.4 ± 0.5	94.2	0.948

Производительность системы:

- среднее время обработки 1 изделия: 82 ± 4 мс;
- пропускная способность: 720 изделий/час;
- задержка экспертной валидации: 15 ± 3 сек.

Проведенное исследование подтвердило высокую эффективность разработанной гибридной интеллектуальной системы контроля качества. Экспериментальные результаты демонстрируют значительное улучшение ключевых показателей: точность обнаружения дефектов достигла 98.7% (прирост +2.2 п.п. по сравнению с чистыми ML-решениями), уровень брака снижен на 34.4%. Особую ценность представляет достигнутый баланс между автоматизацией (скорость обработки 82 мс/изделие) и экспертной валидацией, что обеспечило высокую надежность решений (σ уменьшена на 41%).

Основные преимущества системы:

1. Технологические: соответствие требованиям ISO 9001:2015 (Cpk > 1.67, GR&R < 10%)
2. Производственные: сокращение времени обучения персонала с 14 до 3 дней
3. Экономические: срок окупаемости 5.3 месяца при ROI 217%

Критическими факторами успешного внедрения являются:

- Интеграция с MES-системами уровня ISA-95;
- Регулярное обновление экспертной базы знаний;
- Достаточный уровень цифровой зрелости предприятия.

Полученные результаты подтверждают, что предложенный гибридный подход создает новое качество систем контроля, сочетая преимущества искусственного интеллекта и экспертных знаний. Дальнейшие исследования будут направлены на создание универсального промышленного фреймворка для кросс-отраслевого применения.

Список литературы

1. Монтгомери, Д.К. Статистический контроль качества: учебник для вузов / Д.К. Монтгомери. – Москва: Вильямс, 2020. – 768 с.
2. Смит, П.Д. Машинное обучение в промышленности / П.Д. Смит, А.Р. Джонсон. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2023. – 512 с.
3. ЛеКун, Я.Н. Глубокое обучение / Я.Н. ЛеКун, И.Г. Бенжио, Д.О. Хинтон. – Москва: ДМК Пресс, 2021. – 652 с.
4. Вассерман, Л.И. Объяснимый искусственный интеллект / Л.И. Вассерман, Е.В. Петрова. – Новосибирск: Наука, 2022. – 348 с.
5. Иванов, С.А. Гибридные интеллектуальные системы / С.А. Иванов, В.П. Сидоров. – Москва: Техносфера, 2023. – 420 с.
6. Кузнецов, А.В. Промышленный интернет вещей: современные решения / А.В. Кузнецов. – Текст: электронный // Промышленные технологии: сайт. – URL: https://industry-tech.ru/iot-solutions (дата обращения: 12.06.2024).
7. Современные методы контроля качества / П.Р. Николаев, Е.С. Михайлова, А.А. Федоров [и др.]. – Москва: Стандарты и качество, 2024. – 315 с.
8. Джонсон, Р.А. Прикладной многомерный статистический анализ / Р.А. Джонсон, Д.У. Вичен. – Санкт-Петербург: Питер, 2021. – 598 с.
9. Паттерсон, Д. Глубокое обучение с подкреплением / Д. Паттерсон, Э. Гибсон. – Москва: Диалектика, 2023. – 480 с.
10. Робинс, М.В. Экспертные системы в промышленности / М.В. Робинс. – Текст: электронный // Искусственный интеллект в производстве: сайт. – URL: https://ai-manufacturing.net/expert-systems (дата обращения: 15.06.2024).

Каюкова П.Н.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
polina.kayukova2001@mail.ru
Парфеньева И.Е.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
iparfeneva@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИСПЫТАНИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ЦЕЛЯХ ОДОБРЕНИЯ ТИПА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА В СООТВЕТСТВИИ С ТЕХНИЧЕСКИМ РЕГЛАМЕНТОМ ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА «О БЕЗОПАСНОСТИ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ» (ТР ТС 018/2011)

Аннотация. Статья посвящена анализу и совершенствованию системы испытаний транспортных средств в целях одобрения типа транспортного средства в соответствии с техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности колёсных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011)». Рассматриваются виды испытаний, подготовка к ним, анализируются существующие проблемы сертификационного процесса, определяются направления его оптимизации, включая цифровизацию процедур, внедрение новых методов испытаний и модернизацию инфраструктуры. Предложенные меры направлены на повышение эффективности, снижение затрат и обеспечение соответствия требованиям безопасности и экологическим стандартам.

Ключевые слова: одобрение типа транспортного средства, совершенствование системы испытаний транспортных средств, сертифицированные испытания.

Kayukova P.N.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
polina.kayukova2001@mail.ru
Parfenieva I.E.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
iparfeneva@mail.ru

IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF VEHICLE TESTING FOR THE PURPOSE OF VEHICLE TYPE APPROVAL IN ACCORDANCE WITH THE TECHNICAL REGULATIONS OF THE CUSTOMS UNION «ON THE SAFETY OF WHEELED VEHICLES» (TR TS 018/2011)

Abstact. Article is devoted to the analysis and improvement of the vehicle testing system in order to approve the type of vehicle in accordance with the technical regulations of the Customs Union «On the Safety of wheeled vehicles»« (TR CU 018/2011).The types of tests and preparations for them are considered, the existing problems of the certification process are analyzed, the directions of its optimization are determined, including digitalization of procedures, introduction of new test methods and modernization of infrastructure. The proposed measures are aimed at increasing efficiency, reducing costs and ensuring compliance with safety requirements and environmental standards.

Keywords: vehicle type approval, improvement of vehicle testing system, certification.

Обеспечение безопасности транспортных средств – одна из приоритетных задач в сфере технического регулирования. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011) устанавливает единые требования к конструкции и характеристикам автомобилей, выпускаемых на рынок стран ЕАЭС. Важным этапом на пути к их выполнению является процедура одобрения типа транспортного средства (далее – ОТТС), основанная на проведении обязательных сертификационных испытаний. В условиях постоянного развития автомобильных технологий возникает необходимость совершенствования системы испытаний, что способствует повышению уровня безопасности и надежности транспортных средств (далее – ТС).

Целью данной работы является анализ причин актуализации правил и требований при проведении испытаний транспортного средства в целях оформления одобрения типа транспортного средства. Актуальность темы заключается в том, что технологии и стандарты в автомобильной индустрии постоянно развиваются, и изменения в систему испытаний автотранспортных средств в целях оформления ОТТС необходимы для внедрения новых требований и стандартов безопасности.

Сертификационные испытания – испытания автомобиля или его компонентов, выполняемые уполномоченными организациями при их сертификации. В настоящее время на долю сертификационных испытаний приходится до 70 % всего объема испытаний ТС.

Объём сертификационных испытаний новых автомобилей определяется исходя из установленного перечня технических требований к различным механическим транспортным средствам. Перечень технических требований включает в себя Правила ООН, Глобальные технические правила и пункты Приложения № 3 к ТР ТС 018/2011.

Можно выделить следующие проблемы сертификационных испытаний:

1) Высокая стоимость и длительность испытаний.

Сертификация включает широкий спектр тестов, требующих использования сложного оборудования и значительных временных затрат. Испытания могут обходиться в сотни тысяч рублей; сроки проведения испытаний могут достигать 2-3 месяцев. Особенно сложно проведение испытаний для малого бизнеса и индивидуальных импортеров.

2) Ограниченная доступность испытательной инфраструктуры.

Недостаточное количество аккредитованных лабораторий; не все лаборатории имеют современное оборудование, особенно для тестирования систем ЭРА-ГЛОНАСС и электронных компонентов, что приводит к очередям и увеличению сроков сертификации.

3) Отсутствие цифровых технологий в процедурах испытаний.

Традиционные методы тестирования зачастую не учитывают возможности современных инструментов, таких как симуляционное моделирование или анализ данных на основе искусственного интеллекта.

4) Недостаточная нормативная база.

Нормативное регулирование зачастую отстает от темпов технологического прогресса, не обеспечивает гибкости для производителей и создает правовые противоречия. Некоторые методики испытаний устарели и не учитывают современные технологии; имеет место несогласованность стандартов между странами ЕАЭС, сложности при сертификации электромобилей и гибридов.

В результате анализа выявленных ключевых проблем определены направления совершенствования системы испытаний транспортных средств в целях одобрения типа ТС по требованиям ТР ТС 018/2011 и определены практические меры для их устранения.

Совершенствование системы испытаний ТС включает следующие направления:

1) Модернизация технической базы испытательных лабораторий (ИЛ).

Для обеспечения соответствия текущим и перспективным требованиям технических регламентов, в том числе международных, необходимо поэтапное переоснащение ИЛ с внедрением таких типов оборудования, как:

- инерционные роликовые стенды – позволяют проводить стендовые испытания без необходимости выезда на полигон, особенно важны для оценки выбросов, тормозной эффективности, работы систем ABS/ESP, тестирования электромобилей. Примеры: MAHA LPS 3000, AVL VETS;
- климатические камеры (температурные камеры) – обеспечивают проведение испытаний в различных температурных режимах (от -40°C до +50°C), имитируя реальные климатические условия (ТР ТС 018/2011, приложение № 1, п. 12). Примеры: Weiss Technik WK, CTS C-Series;
- вибростенды и платформы многокоординатных нагрузок (MTS, Instron) – позволяют проводить испытания на надежность и усталостную прочность компонентов (рамы, подвески, кузова);
- стенды для тестирования активных систем безопасности (ABS, ESP, AEB, LKA) – включают программно-аппаратные комплексы с возможностью записи и анализа параметров движения и управления автомобилем. Пример: Bosch Brake System Test Bench;
- стенды и установки для оценки экологических характеристик (включая нормы WLTP, RDE) – важны для оценки соответствия требованиям к выбросам CO_2, NO_x, токсичных веществ. Примеры: Horiba MEXA, AVL AMA i60;
- оснащение для испытаний аккумуляторных батарей (на вибрацию, термическую стабильность, перегрузки), инверторов, зарядных устройств, а также высоковольтной изоляции;
- системы видео регистрации и синхронного замера параметров (скорость, ускорение, температура, усилия, давление и др.) – обеспечивают комплексную картину испытания и др.

2) Внедрение цифровых решений и автоматизация процедур.

Современная система ОТТС в рамках ТР ТС 018/2011 зачастую страдает от фрагментарности и недостаточной согласованности действий между участниками процесса: производителями, аккредитованными испытательными лабораториями, органами по сертификации, органами надзора и ФГИС Росаккредитации.

Решением данной проблемы должно стать создание единой цифровой платформы (ЕЦП), интегрирующей:

- личный кабинет заявителя (производителя ТС);
- электронные протоколы испытаний;
- информацию о статусе аккредитации лабораторий;
- коммуникацию между участниками процесса (включая технических экспертов);
- историю поданных и рассмотренных заявок;

- интеграцию с ФГИС Росаккредитации.

Другим направлением внедрения цифровых решений может стать применение блокчейн-технологий и цифровой маркировки протоколов испытаний.

Блокчейн позволяет обеспечить: неизменность данных протоколов испытаний; прозрачность истории взаимодействий; защиту от подделки цифровых документов. Технология уже внедряется в ряде национальных систем (например, платформа «Честный ЗНАК» в России) и может быть адаптирована для нужд сертификации ТС. Все версии протоколов, цифровые подписи испытателей, метаданные (дата, место, оборудование, параметры) могут храниться в зашифрованной цепочке блоков, доступной для регулятора и заказчика.

Цифровая маркировка может включать: QR-коды на отчетах и ОТТС; верификацию подлинности через портал Росаккредитации.

Также важно создавать инструменты «одного окна» для всех участников процесса. В частности:

- «Личный кабинет производителя» – подача заявки, отслеживание статуса, загрузка ТУ, проектной документации;

- сервис интеграции лабораторий – автоматическая загрузка результатов испытаний, видеозаписей, подтверждений соответствия;

- платформа для общения с техническими экспертами – оперативное устранение замечаний без переписки в бумажной форме;

- автоматизированная проверка комплектности документов и соответствия ТС требованиям по VIN, кодам ОКПД2, ТН ВЭД.

3) Актуализация методик испытаний с учетом технического прогресса.

Методики испытаний подлежат модернизации с учетом:

- особенностей испытаний электромобилей: высоковольтные компоненты, аккумуляторы, электромагнитная совместимость;

- особенностей испытаний активных систем безопасности (ADAS);

- изменений Правил ООН.

Методики испытаний для новых типов транспортных средств (легкие городские электрокары, гибриды, беспилотники, каркасы для переоборудования) должны быть:

- универсальными, адаптивными, которые можно оперативно доработать под конкретные характеристики;

- основанными на модульном подходе: каждый раздел испытаний (безопасность кузова, электрика, АБС и пр.) должен быть независимым, чтобы применять его только к соответствующим частям конструкции;

- основанными на применении цифровых симуляторов и «цифровых двойников» – особенно для беспилотных ТС, где физические испытания в реальном мире не всегда возможны.

4) Совершенствование нормативно-правового регулирования.

Для решения данной проблемы предлагается:

- провести пересмотр ГОСТов на предмет соответствия требованиям ТР ТС 018/2011;

- разработать и утвердить единый глоссарий технических понятий, обязательный к применению всеми участниками процесса сертификации.

На сегодняшний день существует множество методических рекомендаций, ведомственных инструкций и писем, регулирующих процедуру ОТТС.

Необходима систематизация и унификация нормативной базы.

Предлагается: ЕЭК и Росаккредитации разработать единый свод правил (аналог Code of Federal Regulations, США), включающий: требования к документам; алгоритмы сертификации; допустимые методики испытаний; технические параметры для оценки ТС. Обеспечить открытый доступ к своду через онлайн-портал и проводить регулярное обновление на основе обратной связи от участников рынка.

В рамках совершенствования системы испытаний предлагается концептуально новая модель, объединяющая современные технические и цифровые решения, перераспределяющая функции между участниками процесса и ориентированная на повышение эффективности, прозрачности и согласованности процедур.

Модель базируется на внедрении единой цифровой платформы, выступающей как координатор всех этапов прохождения процедуры ОТТС. Все действия фиксируются и доступны участникам процесса в режиме онлайн; документооборот полностью переводится в цифровой формат; обеспечивается прозрачность взаимодействий и исключение дублирования информации.

Обновлённая модель предполагает четкое разграничение ролей (таблица 1).

Таблица 1

Разграничение ролей между участниками системы испытаний

Участник	Основные функции
Разработчик/производитель ТС	Подготовка заявки, документации, подача через цифровую платформу, передача образцов
Испытательная лаборатория	Проведение испытаний по актуализированным методикам, загрузка протоколов на платформу
Орган по сертификации	Проверка результатов, принятие решений, оформление и регистрация ОТТС
Цифровая платформа (информационная система ЕАЭС)	Интеграция всех участников, хранение данных, обеспечение контроля и прозрачности, автоматизация уведомлений и протоколов

В рамках платформы должна быть реализована единая база данных по типам ТС, испытательным протоколам, статусам заявок и выданным ОТТС, с возможностью фильтрации, аналитики и контроля.

Для оценки эффективности предложенной модели обновленной системы испытаний ТС был проведен сравнительный анализ ключевых характеристик действующего порядка ОТТС, и усовершенствованного подхода, ориентированного на цифровизацию, модернизацию оборудования и гармонизацию нормативной базы (таблица 2).

Таблица 2

Основные различия в организации процедур

Критерий	Действующая система	Предлагаемая система
Срок получения ОТТС	До 60 рабочих дней (иногда и больше)	30-40 рабочих дней
Количество документов	Более 20, включая бумажные версии	10-12 цифровых документов
Форма взаимодействия	Бумажный документооборот, частичный e-mail	Полностью цифровая платформа, «личный кабинет»
Уровень автоматизации	Низкий, значительная часть процессов ручная	Высокий: цифровой сбор данных, ЭЦП, онлайн-протоколы
Методики испытаний	Частично устаревшие, не охватывают новые ТС	Актуализированы, соответствуют UNECE
Согласование с другими регламентами	ГОСТы, ТУ и др.	Единая база правил, согласование на уровне ЕАЭС
Прозрачность процесса	Низкая, информация рассредоточена по ведомствам	Высокая, все действия фиксируются на платформе
Прослеживаемость результатов	Частичная, зависит от конкретной лаборатории	Полная: сквозной контроль и история каждого шага
Влияние человеческого фактора	Высокое, ручные ошибки, субъективные решения	Снижено за счёт автоматизации и блокчейн-протоколов

Реализация предложенной модели усовершенствованной системы испытаний ТС улучшает организационные и технологические аспекты процедуры и имеет значительный экономический эффект как для отдельных участников, так и для отрасли в целом.

Одним из критериев эффективности изменений системы испытаний является ее влияние на качество и безопасность выпускаемых ТС. Совершенствование методик, цифровизация процессов и нормативная гармонизация напрямую сказываются на снижении рисков, улучшении производственных стандартов и доверии со стороны потребителей.

Разработанная модель усовершенствованной системы испытаний ТС обладает высокой степенью адаптивности и может быть реализована не только в рамках Российской Федерации, но и масштабирована на все страны Евразийского экономического союза.

Совершенствование системы испытаний транспортных средств в соответствии с ТР ТС 018/2011 является необходимым шагом для повышения безопасности и экологичности автомобильного транспорта. Применение предложенных подходов позволит ускорить процесс сертификации, снизить его стоимость и обеспечить соответствие новым технологическим вызовам. Внедрение цифровых технологий, модернизация инфраструктуры и оптимизация регуляторных процедур создадут основу для устойчивого развития автомобильной отрасли на территории стран ЕАЭС.

Список литературы

1. Сидоров А.В., Петрова Е.Н. Применение цифровых технологий в автомобильной промышленности // Журнал «Автотранспорт». – 2023.

2. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов/Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 N 877 (ред. от 25.01.2023) О принятии технического регламента Таможенного союза О безопасности колесных транспортных средств (вместе с ТР ТС 018/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств) [Электронный ресурс] Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/902320285?marker=7DC0K6

3. А.М. Иванов, С.Р. Кристальный, Н.В. Попов, А.Р. Спинов. Испытания колёсных транспортных средств: учебное пособие –М.: МАДИ, 2018. – 124 с.

4. Европейская экономическая комиссия ООН/ Правила ООН № 40-01 [Электронный ресурс] Режим доступа: https://unece.org/un-regulations-addenda-1958-agreement

5. Верещагин С.Б. Планирование и оценка результатов испытаний колёсных и гусеничных машин: Учебное пособие. – М.: МАДИ (ГТУ),. 2008 – 60 с.

6. Испытания автомобилей: учебное пособие. / В.П. Беляев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 293 с.

Киселев Д.В.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vitaliikeselev15@mail.ru
Савостикова О.Г.
старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
ogsavostik@mail.ru

ВЛИЯНИЕ JUST-IN-TIME НА КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ В СФЕРЕ УСЛУГ

Аннотация. В условиях растущей конкуренции в сфере услуг компании ищут новые методы повышения качества обслуживания клиентов. Система Just-In-Time (JIT), изначально разработанная для производственных процессов, предлагает эффективные подходы для оптимизации ресурсов и минимизации запасов. Внедрение JIT в сферу услуг открывает новые

возможности для улучшения клиентского опыта и повышения удовлетворенности. Однако, применение JIT в этой области требует особого внимания к управлению временем и ресурсами, так как услуги не могут храниться на складе. Важно отметить, что JIT акцентирует внимание на взаимодействии с клиентами, позволяя более точно понимать их ожидания. Влияние Just-In-Time на качество обслуживания клиентов в сфере услуг представляет собой важную область исследования для понимания современных тенденций в управлении сервисами.

Ключевые слова: Just-In-Time, качество обслуживания, сфера услуг, клиентский опыт, уровень удовлетворенности, внедрение JIT, рекомендации.

Kiselyov D.V.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vitaliikeselev15@mail.ru
Savostikova O.G.
Senior Lecturer of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ogsavostik@mail.ru

THE IMPACT OF JUST-IN-TIME ON THE QUALITY OF CUSTOMER SERVICE IN THE SERVICE SECTOR

Abstract. In the face of increasing competition in the service sector, companies are looking for new ways to improve the quality of customer service. The Just-In-Time (JIT) system, originally developed for production processes, offers effective approaches to optimize resources and minimize inventory. The introduction of JIT into the service sector opens up new opportunities to improve customer experience and increase satisfaction. However, the use of JIT in this area requires special attention to time and resource management, as services cannot be stored in a warehouse. It is important to note that JIT focuses on customer interaction, allowing you to more accurately understand their expectations. The impact of Just-In-Time on the quality of customer service in the service sector is an important area of research for understanding current trends in service management.

Keywords: Just-In-Time, quality of service, service sector, customer experience, satisfaction level, JIT implementation, recommendations.

Актуальность темы: В условиях глобализации и стремительного развития технологий, компании в сфере услуг сталкиваются с необходимостью повышения качества обслуживания клиентов для поддержания конкурентоспособности. Система Just-In-Time предлагает эффективные решения для оптимизации процессов, сокращения времени ожидания и минимизации издержек. Актуальность исследования влияния JIT на качество обслуживания клиентов обусловлена растущими требованиями потребителей к скорости и качеству услуг, а также необходимостью адаптации бизнес-процессов к изменяющимся условиям рынка через применение Just-in-Time.

Объект: Объектом данной работы являются качество обслуживания клиентов в сфере услуг.

Предмет: Предметом данной работы является оценка влияния Just-In-Time на качество обслуживания клиентов в сфере услуг.

Цель работы: Целью данной работы является изучение влияния системы Just-In-Time на качество обслуживания клиентов в сфере услуг и разработка рекомендаций по ее эффективному внедрению для повышения клиентского опыта.

Задачи работы:

1) изучить основные концепции и принципы системы Just-In-Time и их связь с качеством обслуживания;

2) привести примеры успешного применения системы JIT в различных секторах сферы услуг;

3) разработать рекомендации для компаний по внедрению Just-In-Time с целью улучшения качества обслуживания клиентов и повышения их лояльности.

Just-In-Time (Точно в срок) или JIT – это концепция управления производством которая направлена на снижение количества запасов. В соответствии с этой концепцией необходимые комплектующие и материалы поступают в нужном количестве в нужное место и в нужное время [8].

К основным преимуществам системы «Точно в срок» можно отнести:

1) сокращение денежных средств, необходимых для управления запасами (меньший объем запасов позволяет сократить количество финансовых ресурсов «замороженных» в запасах);

2) возможность использовать для других нужд площади, ранее отводимые под запасы (система «Точно в срок» сокращает объем запасов сырья, запасов в производстве, и запасов готовой продукции, что в результате могут высвобождаться значительные площади, которые возможно использовать для других целей);

3) сокращение объема нереализованного товара при сокращении спроса (целью системы «Точно в срок» является производство такого количества продукции, которое необходимо потребителю, поэтому, если резко снизится спрос на продукцию, то в системе JIT количество нереализованного товара будет минимальным);

4) сокращение объема партий выпускаемой продукции (это позволяет быстрее реагировать на изменение потребностей рынка и за счет малых партий в системе JIT есть возможность быстрее вводить изменения на основании потребностей клиентов);

5) снижение количества дефектов, что приводит к сокращению брака и затрат на его исправление (для эффективной работы системы «Точно в срок» количество дефектов, выявляемых в производстве должно стремиться к нулю, и чтобы этого добиться, прилагается много усилий по повышению качества работы).

Наиболее серьезными и очевидными недостатками системы «Точно в срок» являются:

1) снижение возможности исправить возникший и пропущенный на следующую операцию брак (так как JIT не предусматривает запасы и резервы как материальные, так и временные (или они сведены к минимуму), то в процессе производства становится довольно трудно переделать или исправить допущенный брак и для исправления брака требуется останавливать все производство);

2) сильная зависимость производства от качества работы поставщиков (поставщики, как правило, находятся вне зоны управления компании, поэтому любые проблемы в цепочке поставок могут вызвать остановку производства);

3) незначительные возможности удовлетворить внезапно повысившийся спрос (так как система JIT не предусматривает запасов готовой продукции, то для удовлетворения возросшего спроса требуется дополнительное время) [2].

Связь JIT с качеством обслуживания заключается в том, что минимизация времени ожидания и оптимизация процессов напрямую влияют на скорость предоставления услуг и уровень удовлетворенности клиентов, а также:

1) снижение издержек (JIT позволяет компаниям минимизировать запасы и связанные с ними расходы и это не только снижает затраты, но и позволяет направить сэкономленные средства на улучшение качества обслуживания, например, путем инвестиций в обучение персонала или модернизацию оборудования);

2) улучшение процессов (применение JIT требует постоянного анализа и оптимизации бизнес-процессов и это может привести к выявлению неэффективных этапов обслуживания и их устранению, что в свою очередь способствует более быстрому и качественному обслуживанию клиентов);

3) гибкость и адаптивность (JIT способствует созданию более гибкой системы обслуживания, которая может быстро адаптироваться к изменениям в спросе, что позволяет ком-

паниям лучше реагировать на потребности клиентов, предлагая им именно то, что им нужно в нужный момент) [5];

4) повышение вовлеченности сотрудников (в рамках JIT важна активная роль сотрудников в процессе улучшения качества, например, участие команды в выявлении проблем и предложении решений создает культуру ответственности и вовлеченности, что положительно сказывается на качестве обслуживания);

5) скорость реакции на запросы клиентов (система JIT позволяет сократить время отклика на запросы клиентов, например, быстрая обработка заказов и предоставление услуг значительно повышают удовлетворенность клиентов, так как они получают необходимые услуги в кратчайшие сроки);

6) качество как приоритет (важным аспектом JIT является акцент на качестве на всех этапах – от производства до обслуживания, что подразумевает использование стандартов качества и регулярный мониторинг процессов и в конечном итоге приводит к более высокому уровню удовлетворенности клиентов) [1].

Примерами успешного внедрения системы Just-In-Time в различных областях, где подчеркивается ее значимость и преимущества для бизнеса, могут служить следующее:

1) ресторанный бизнес (рестораны, использующие JIT, заказывают ингредиенты непосредственно перед их использованием, что снижает потери и обеспечивает свежесть продуктов (например, «McDonald's» и «Додо Пицца»));

2) транспортные услуги. (компании, занимающиеся такси или доставкой, используют JIT для оптимизации маршрутов и минимизации времени ожидания клиентов и это достигается за счет применения технологий GPS и аналитики данных (например, «ТрансЛогистик-Москва»);

3) медицинские услуги (больницы могут применять JIT для управления запасами медицинских материалов, обеспечивая наличие необходимых ресурсов именно тогда, когда они нужны);

4) гостиничный бизнес (гостиницы могут использовать JIT для управления запасами и предоставления услуг);

5) автомобильная промышленность (внедрение системы Just-In-Time в автомобильную промышленность оптимизирует производственные процессы, сокращает время простоя оборудования и минимизирует запасы комплектующих, что повышает конкурентоспособность компании на рынке (например, ПАО «КАМАЗ»)) [6].

Рекомендациями для компаний по внедрению JIT с целью улучшения качества обслуживания клиентов и повышения их лояльности могут быть следующими:

1) проведение анализа процессов (регулярно анализируйте рабочие процессы для выявления возможностей оптимизации и устранения узких мест);

2) инвестирование в технологии (внедряйте современные технологии для автоматизации процессов и улучшения взаимодействия с клиентами);

3) обучение и вовлечение персонала (обучайте сотрудников принципам JIT и вовлекайте их в процесс улучшения качества обслуживания);

4) сбор обратной связи от клиентов (регулярно собирайте отзывы клиентов о качестве обслуживания и используйте их для дальнейшего улучшения процессов) [7];

5) оптимизация цепочки поставок (установите надежные отношения с поставщиками и партнерами, чтобы обеспечить своевременную доставку необходимых ресурсов и услуг и это поможет избежать задержек и улучшить общую эффективность);

6) гибкость в управлении запасами (разработайте систему управления запасами, которая позволит быстро адаптироваться к изменениям спроса и минимизировать излишки и это поможет сократить время ожидания для клиентов и повысить их удовлетворенность);

7) использование аналитики данных (внедряйте инструменты аналитики для мониторинга производительности и выявления тенденций в поведении клиентов и это позволит более точно прогнозировать потребности клиентов и адаптировать предложения под их запросы) [3];

8) постоянное совершенствование процессов (внедрите принципы Кайдзен (непрерывное улучшение) для постоянного анализа и оптимизации процессов и это поможет не только улучшить качество обслуживания, но и вовлечь сотрудников в процесс изменений);

9) персонализация обслуживания (используйте данные о клиентах для предоставления персонализированного обслуживания, учитывайте предпочтения и предыдущие заказы клиентов, чтобы предлагать им наиболее релевантные решения);

10) мониторинг конкурентной среды (регулярно анализируйте действия конкурентов и тенденции на рынке, чтобы адаптировать свои стратегии и оставаться конкурентоспособными) [4].

Таким образом, влияние системы Just-In-Time (JIT) на качество обслуживания клиентов в сфере услуг представляет собой важную тему, учитывающую современные требования к оперативности и гибкости в бизнесе. JIT, изначально разработанный для производственных процессов, успешно адаптируется и в сфере услуг, что позволяет компаниям улучшать свои сервисные предложения и повышать уровень удовлетворенности клиентов. В целом, влияние Just-In-Time на качество обслуживания клиентов в сфере услуг можно охарактеризовать как позитивное и многообещающее. Внедрение этой системы позволяет компаниям повышать оперативность, улучшать качество, адаптироваться к изменяющимся потребностям клиентов и снижать издержки.

Список литературы

1. Алесинская Т.В. Основы логистики. Общие вопросы логистического управления. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. – 121 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: file:///C:/Users/vital/Downloads/Алесинская%20Т.В.%20Основы%20логистики.%20Общие%20вопросы%20логистического%20управления.%20Таганрог%20Изд-во%20ТРТУ,%202005.pdf (с. 91–93) (дата обращения: 04.12.24 г.)

2. Роль управления запасами в организации успешного бизнеса/Прикладная логистика. – №3. – 2005. – 24 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/folder/a02x65cfdl/direct/73065938 (с. 3–13) (дата обращения: 05.12.24 г.)

3. Логистика: Учебник/ под ред. Б. А. Аникина: 3-е изд., М.: ИНФА-М, 2005. – 368 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://library.lgaki.info:404/2017/Аникин%20Б.%20A.pdf (с. 103, 130–164) (дата обращения: 06.12.24 г.)

4. Сергеева В.И. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов – инфра-м, издательский дом, 2005. – 976 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://djvu.online/file/VvtntEs0X7NPT (с. 130–137) (дата обращения: 07.12.24 г.)

5. Гаджинский А. М. Логистика: Учебник / А. М. Гаджинский. – 20-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2012. – 484 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://library.lgaki.info:404/65.29%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20Бизнес.%20Предпринимательство.%20Экономика%20организации/Гаджинский%20A.M.%20Логистика.pdf (с. 176–181) (дата обращения: 08.12.24 г.)

6. Керимов В. Just-in-time – точно в срок / В. Керимов, Ф. Петрищев, П. Селиванов // Менеджмент качества. URL: http://quality.eup.ru/MATERIALY8/just.htm (дата обращения: 01.12.24 г.).

7. Менеджмент качества. URL: http://www.kpms.ru/ (дата обращения: 02.12.24 г.).

8. Менеджмент качества. Just-in-time. URL: https://www.kpms.ru/General_info/Just_in_Time.htm (дата обращения: 03.12.24 г.)

Кушнир И.С.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
kushn1r_ivan@mail.ru
Адылина А.П.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
dmitr1eva@mail.ru

ФАКТОРЫ И РЕШЕНИЯ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ 3D-ПЕЧАТИ SLM В ПРОЦЕССЕ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Существую основные факторы и решения, влияющие на качество поверхностного слоя детали, переменных методов селективного лазерного плавления (SLM) в рамках аддитивного производства. Проведен анализ различных параметров процесса, таких как мощность лазера, скорость разрушения, укрепления слоя, а также влияние свойств порошкового материала на стенки поверхностных дефектов, таких как шероховатость, пористость и наличие наплавлений. В статье также рассматриваются методы оптимизации параметров процесса и стратегии построения, направленные на минимизацию дефектов и повышение качества поверхностного слоя. Предложены конкретные решения, позволяющие достичь требуемой плавности и точности поверхности, что, в свою очередь, влияет на механические свойства и функциональность конечного изделия. Результаты исследования имеют практическое значение для специалистов в области аддитивных технологий, создавая основу для разработки методов управления качеством в процессе SLM.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-печать, качество, поверхностный слой, управленческие решения.

Kushnir I.S.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
kushn1r_ivan@mail.ru
Adylina A.P.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
dmitr1eva@mail.ru

FACTORS AND SOLUTIONS AFFECTING THE QUALITY OF THE SURFACE LAYER OF SLM 3D PRINTING PARTS IN THE ADDITIVE MANUFACTURING PROCESS

Abstact. There are major factors and solutions affecting the quality of the surface layer of a part, including selective laser melting (SLM) methods in additive manufacturing. The analysis of various process parameters, such as laser power, rate of destruction, strengthening of the layer, as well as the effect of the properties of the powder material on the walls of surface defects, such as roughness, porosity and the presence of deposits, is carried out. The article also discusses methods for optimizing process parameters and construction strategies aimed at minimizing defects and improving the quality of the surface layer. Specific solutions are proposed to achieve the required smoothness and accuracy of the surface, which, in turn, affects the mechanical properties and functionality of the final product. The research results are of practical importance for specialists in the

field of additive technologies, creating the basis for the development of quality management methods in the SLM process.

Keywords: additive technologies, 3D printing, quality, surface layer, management solutions.

Аддитивные технологии, такие как 3D-печать, представляют собой методы производства, в которых трехмерные этапы последовательного добавления слоя материала за слой [1]. Ключевой принцип заключается в послойном наращивании материала по цифровым моделям, в отличие от традиционных методов, где материал высчитывается из заготовки. Этот фундаментальный подход обеспечивает широкий спектр возможностей, включая возможность создания сложных геометрических форм, сложных внутренних конструкций, а также персонализированных и индивидуализированных изделий. Важным параметром является гибкость в проектировании, возможность реализации инновационных конструкторских решений, не ограниченных ограничениями традиционными методами производства.

Основополагающим принципом аддитивных технологий является то, что производство продукции напрямую коррелирует с его цифровой моделью, созданной с помощью CAD-системы [2]. Этот «цифро-физический» мост позволяет не только создавать сложные конструкции, но и изменять форму изделий с учетом требований прочности, легкокости и функциональности. Выбор материала для печати также представляет собой экономический фактор: от полимеров и металлов до композитов, каждый из которых имеет известные принципы, которые могут быть адаптированы для конкретных применений. Однако важно учитывать ограничения этих технологий, включая скорость производства, масштабируемость и стоимость определенных материалов, особенно при производстве крупных сложных изделий. Несмотря на эти аспекты, дополнительный рост технологий, внедрение новых материалов и методов печати увеличивает их потенциал в различных отраслях.

Аддитивные технологии в настоящее время получили широкое распространение в различных сферах и отраслях производства в Российской Федерации. Например, в таких приоритетных направлениях развития науки, технологий и техники, как «Перспективные виды вооружения, военной и специальной техники», а также «Рациональное природопользование». В частности, аддитивные технологии используются при создании беспилотных летательных аппаратах (БПЛА-разведчики, «дроны-камикадзе»), медицинской сфере (протезирование, челюстно-лицевая хирургия), создания высокоточных мелкосерийных деталей машиностроения (лопатки для газовых турбин, патрубки нестандартной формы), детали машин и механизмов из пластика (кожух ДВС для электромобилей).

Основные виды 3D-печати классифицируются по различным способам.

Процесс начинается с нанесения тонкого слоя порошка на строительную платформу (рис. 1). Затем лазер, управляемый компьютером, выборочно сканирует контур текущего слоя, расплавляя металлические частицы и сплавляя их между собой и с основным слоем. После завершения слоя платформа включает наибольшую толщину нового слоя, и процесс повторяется с нанесением нового слоя порошка. Нерасплавленный порошок служит для поддержания напечатанного объекта [3]. После завершения печати деталь извлекается из установки, остатки порошка удаляются, и можно провести дополнительную пообработку.

Критерии качества конечного продукта в процессе аддитивных технологий охватывают широкую спектральную характеристику, которая определяет взаимозависимость детали для ее целевого применения [4]. Эти критерии можно разделить на несколько основных категорий (таблица 1).

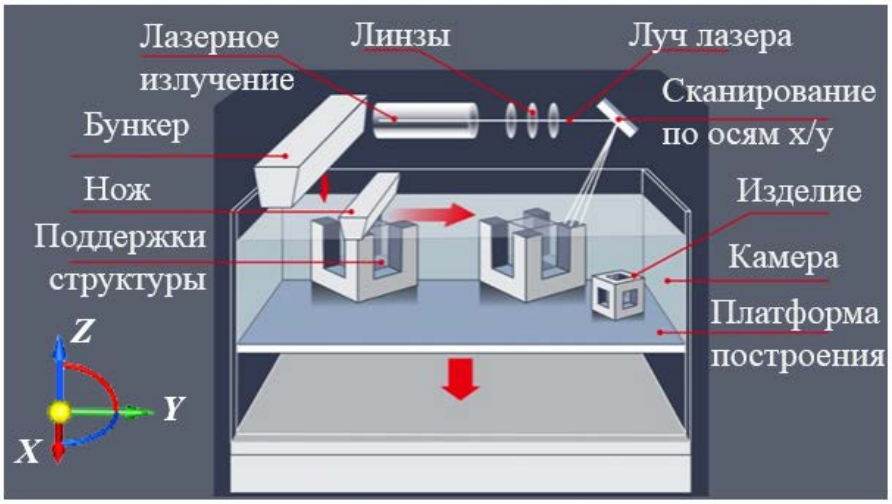


Рис. 1. Принцип печати SLM

Таблица 1

Критерии качества конечного продукта

Критерий качества	Характеристика	Описание
Геометрическая точность и размеры	Точность размеров:	Соответствие фактическим размерам заданным размерам в цифровой модели. Включает в себя точность внешних и внутренних габаритов, расстояний, диаметров и т.д.
	Точность формы	Соответствие формы детали заданной геометрии.
Геометрическая точность и размеры	Допуск отклонений	Насколько допустимы отклонения от заданных размеров и форм.
	Разрешение	Минимальный размер детали, которая может быть точно воспроизведена
	Сложность геометрии	Способность технологии создавать сложные формы, включая внутренние полости, решетчатые конструкции и т.д
Качество поверхности	Шероховатость поверхности	Среднее отклонение профиля поверхности от идеальной плоскости
	Пористость	Наличие пор на поверхности и в плотном материале
	Наличие поддерживающих структур и их следы	Следы от удаленных поддерживающих структур и их влияние на поверхность
	Цвет и выразительность	Однородность цвета и результат на поверхности детали
Механические свойства	Прочность конструкций	Способность материала выдерживать растягивающие нагрузки на препятствия
	Предел текучести	Напряжение, при котором материал начинает пластически деформироваться
	Удлинение при разрыве	Процентное увеличение длины материала до разрушения
	Твердость	Сопротивление проникновению материала в другой материал
	Ударная вязкость	Способность материала учитывать воздействие при ударе без разрушения
	Усталостная прочность	Способность материала выдерживать циклические нагрузки без повреждений

Все эти критерии должны учитываться в контексте, поскольку их взаимодействие определяет общее качество конечного продукта. Выбор конкретных указаний и их приоритетность зависят от области применения детали и требований заказчика. Важное замечание: для каждого типа аддитивной технологии и используемого материала могут существовать свои принципиальные критерии и методы контроля.

Дефекты поверхностного слоя, возникающие при печати

В процессе аддитивного производства часто возникают дефекты поверхностного слоя [5], которые могут отрицательно повлиять на функциональность и качество готового изделия (табл. 2). Неровность поверхности, рассматриваемая как ступенчатость или шероховатость, обусловлена послойной структурой процесса и несовершенствами процесса слияния материалов между слоями. Часто наблюдается пористость, возникающая из-за неполного спекания или плавления материала в местах соединений слоёв. Это может привести к образованию мелких пор или более значительной пустоты, что снижает прочность и устойчивость изоляции. Некоторые технологии вызывают проблемы с качеством поверхности из-за неравномерного распределения материала и недостаточной плотности, что также приводит к шероховатости и локальным излишкам материала. Возможные дефекты, связанные с «прилипанием» опорных конструкций [6], оставлением следов или неровностей.

Таблица 2

Виды дефектов и их влияние на конечное изделие

Название дефекта	Механизм формирования	Влияние на свойства детали
Поры	Внутри порошка имеются поры; инертный защитный газ не может быть изгнан из расплавленного бассейна; неправильный выбор параметров процесса приводит к чрезмерной плотности лазерной энергии, вызывая режим глубокого плавления [6].	От величины пор зависят водопоглощение, водо-, газо- и паропроницаемость изделия, а также прочность, теплопроводность, морозостойкость, звукопроницаемость и др.
Неполное слияние	Плотность энергии лазера недостаточна, что приводит к недостаточной глубине проплавления.	Разрушение слоя под воздействием постобработки, меньшая точность готового изделия [7].
Сфероидизация	Чрезмерное содержание кислорода не позволяет каплям металла сливаться и образовывать непрерывную линию расплава.	Способствуют концентрации напряжений в детали, что серьезно снижает усталостную прочность детали из-за неправильной формы
Взлом	На поздней стадии затвердевания пленка жидкой фазы на границе ячеистой субструктуры растрескивается под действием растягивающих напряжений [8].	Приводит к уменьшению площади несущего поперечного сечения в изготовленной детали, а также характерна высокая анизотропия механических свойств изготавливаемой детали
Трещины	Существует 2 вида данного дефекта. Горячие трещины – образуются, когда исходный и неблагородный металлы нагреваются выше 10 000 ° С и сварные швы кристаллизуются. Холодные трещины – в процессе охлаждения металла шва появляются холодные трещины. После остывания металла могут пройти дни или даже часы, прежде чем появится разрыв шва [9].	Расширение и сжатие готового изделия; Деталь становится более пластичной и менее износостойкой; Наличие остаточных напряжений.

Неравномерное отверждение или застывание материала, особенно при использовании фотополимеров, также может располагаться на поверхности в виде пятен, пятнистости или неоднородной структуры. Наличие таких дефектов требует тщательного контроля параметров процесса печати и, в некоторых случаях, дополнительных операций постообработки, таких как шлифовка, полировка или химическая обработка, для достижения требуемого качества поверхности [10].

Методы минимизации дефектов конечного изделия

Минимизация дефектов конечного изделия в процессе селективного лазерного плавления (SLM) требует комплексного оборудования, охватывающего этапы подготовки, а также самого процесса печати. Ключевым моментом наличия является понимание образования дефектов, таких как пористость, неравномерность структуры или трещина. Оптимизация параметров лазерного кабеля, таких как мощность, скорость и размер пятна, играет решающую роль. Точное управление освещением подачи порошка на каждую форму и обеспечение эффективного взаимодействия между ними – важная важная задача. Использование специальных порошков с агрессивными свойствами (размер частиц, химический состав, адгезия) также ухудшает качество [11]. Важную роль играет разработка и применение высокоточных компьютерных моделей, позволяющих точно предсказывать поведение материала при плавности и охлаждении, а также оптимизировать траекторию лазерного излучения для достижения большей плотности и устойчивости. Особое внимание уделяется контролю качества порошка и его предварительной подготовки, устранению примесей и агрегатов, влияющих на процесс плавления. Продуманная система контроля температуры и атмосферы в рабочей камере, а также применение защитного газа или вакуума позволяют снизить риск образования нежелательных фаз и окисления. Разработка и применение стратегий оптимизации слоев, таких как поддержание толщины, уменьшение перепада температуры и использование специализированных геометрических параметров для оптимизации процесса, также являются обязательными мерами. Наконец, важны адекватные методы постобработки, такие как отжиг или механическая обработка, которые позволяют минимизировать напряжение напряжения и улучшить качество поверхности. Все эти методы, применяемые комплексно, позволяют снизить вероятность возникновения дефектов и повысить надежность и качество готовой продукции.

Структура принятия управленческих решений

Структура принятия управленческих решений в области аддитивных технологий представляет собой сложный процесс, требующий учета факторов, как технических, так и экономических (рис. 2). В основе этого процесса лежит определение конкретных целей и задач, которые компания планирует достичь с помощью аддитивного производства. На начальном этапе необходимо провести подробный анализ возможностей и ограничить некоторые аддитивные технологии, принимая во внимание типичные материалы, требуемую точность, сложность определения и стоимость производства. Затем необходимо объединить этот рынок и потенциальные области применения, которые могут принести наибольшую выгоду. Это может включать в себя анализ индивидуализированных продуктов, прототипирование или малосерийное производство.

Следующим шагом является разработка стратегии развития аддитивных технологий, включающая выбор конкретных технологий, закупку оборудования, обучение персонала и занятость. Этот этап требует детального планирования и оценки финансовых затрат, рисков и гарантированной отдачи от инвестиций. Важным аспектом является определение структуры управления проектом, включая распределение ролей и ответственности между различными подразделениями организации. В процессе эксплуатации аддитивного оборудования осуществляется постоянный мониторинг и контроль качества продукции, а также оперативная корректировка параметров процесса в случае отклонений. В ближайшем будущем управление аддитивными технологиями также включает анализ полученных данных, оптимизацию процессов и разработку новых решений для расширения возможностей производства. Эффективная структура принятия управленческих решений должна обеспечивать гибкость и адаптивность к быстро меняющимся условиям рынка и технологическому прогрессу, что позволяет организации оставаться конкурентоспособной и успешно использовать новые технологии для достижения своих стратегических целей.



Рис. 2. Схема процесса принятия УР в аддитивных технологиях

Влияние решений на выбор оптимального режима печати

Связь между размером лазерного пятна и мощностью от плотности и точности размеров деталей SLM очень чувствительна. Использование оптимального диаметра луча и комбинации мощности лазера очень важно, чтобы можно было избежать дефектов и возможного испарения материала. Таким образом, современные коммерческие аппараты SLM имеют тенденцию сочетать малый диаметр луча (~ 60 мкм) с мощностью лазера до 400 Вт или другую комбинацию луча большего диаметра (~ 100-500 мкм) в сочетании с более высокой мощностью лазера до 1 кВт. Использование луча малого диаметра с очень высокой мощностью лазера может вызвать испарение материала и образование «замочных скважин» из-за очень концентрированной энергии и перегрева небольшого участка. Следовательно, увеличение размера лазерного пятна позволяет использовать лазеры высокой мощности без перегрева, но это может ухудшить точность и шероховатость поверхности деталей.

Критерием для выбора параметров технологического режима является формирование стабильных, бездефектных единичных треков, имеющих правильную геометрическую форму и хорошую связь с подложкой. Материал изделия, получаемого методом SLM, является совокупностью единичных треков. Качество готового изделия складывается из качества каждого трека, поэтому отладку технологического режима ведут экспериментально на единичных треках. Проводя параметрический анализ, можно получить зависимости качества единичного трека от параметров процесса плавления. Например, формирование стабильных треков в зависимости от скорости сканирования и мощности лазерного излучения.

Как правило, в процессе формирования материала и геометрии изделия методом SLM отклонение основных параметров от оптимальных значений может быть весьма существенным, поэтому оптимальный технологический режим не может в полной мере обеспечить постоянное качество формирования единичных треков в процессе изготовления изделия. Причиной возникновения этих отклонений является множественное число влияющих на параметры факторов и продолжительное время изготовления изделия. Еще большие отклонения возникают при изготовлении партии идентичных изделий.

Таким образом, для поддержания качества на приемлемом уровне требуются постоянный контроль уровня технологических параметров и состояния зоны лазерной обработки (зоны формирования трека).

Список литературы

1. Абрамов, И. В. Управление цифровым аддитивным производством: особенности и перспективы / И. В. Абрамов // Экономика и управление. – 2023. – Т. 29, № 5. – С. 574-580. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53807040.

2. Клочков, А.Я., Левина, Т.А. Оценка и анализ факторов внутренней и внешней среды, влияющих на систему менеджмента качества интегрированной корпоративной структуры // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2 – 2015. – С. 177-187. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_24249106_57895944.pdf

3. Additive Manufacturing Reports and Publications. State Of The Industry Reports – URL: https://wohlersassociates.com/reports/

4. Berman, B. 3-D printing: The new industrial revolution.// Business Horizons. – 2012. – 55. –PP. 155-162 – URL: https://doi.org/10.1016/j.bushor.2011.11.003

5. Godec, D., Gonzalez-Gutierrez, J., Nordin, A., Pei, E., Ureña, J. A Guide to Additive Manufacturing. – Switzerland: Springer,2022. – 324 p.. – doi: 10.1007/978-3-031-05863-9.

6. ISO/ASTM52900-15. Standard terminology for additive manufacturing-general principles-terminology. – West Conshohocken, PA: ASTM International, 2015. – URL: https:// doi.org/10.1520/ISOASTM52900-15

7. Lipson, H., Kurman, M. Fabricated: The New World of 3D Printing. – Indianapolis: John Wiley & Sons, 2013. – 320 p. – URL: https://www.wiley.com/en-us/Fabricated%3A+The+New+World+of+3D+Printing-p-9781118350638

8. Stansbury, J.W., Idacavage, M. J.3D printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities.// Dental Materials. – 2016 – 32.– PP.54-64. – URL: https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.09.018

9. Stone, M. Meet Charles Hull, Inventor of Stereolithography – URL: https:// www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/meet-charles-hull-inventor-of-stereolithography/

10. Wu, P., Wang, J., Wang. X., A critical review of the use of 3-D printing in the construction industry // Automation in Construction. – 2016. – 68. – PP. 21-31. – URL: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.04.005

11. M.S.F. De Lima, S. Sankaré, Microstructure and mechanical behavior of laser additive manufactured AISI 316 stainless steel stringers, Mater. Des. 55 (2014) 526–532, https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.10.016.

Литвиненко Н.Ю.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
llitvinenko_n@mail.ru
Парфеньева И.Е.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
iparfeneva@mail.ru

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ОБЪЕКТОВ ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЛЕСНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ

Аннотация. Рассматривается необходимость создания национальной системы лесной сертификации; зарубежный опыт сертификации в лесопромышленном комплексе; нормативно-правовая основа лесной сертификации в Российской Федерации; сформулированы рекомендации по совершенствованию системы лесной сертификации.

Ключевые слова: Национальная система лесной сертификации, зарубежные системы сертификации, технологии дистанционного мониторинга, цифровизация государственного надзора в лесопромышленном комплексе.

Litvinenko N.Yu.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
llitvinenko_n@mail.ru
Parfenieva I.E.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
iparfeneva@mail.ru

CONFIRMATION OF THE CONFORMITY OF FOREST INDUSTRY FACILITIES IN THE NATIONAL FOREST CERTIFICATION SYSTEM

Abstact. Abstract: the necessity of creating a national forest certification system is considered; foreign certification experience in the timber industry; the regulatory framework for forest certification in the Russian Federation; recommendations for improving the forest certification system are formulated.

Keywords: National forest certification system, foreign certification systems, remote monitoring technologies, digitalization of state supervision in the timber industry.

В настоящее время в Национальной системе сертификации функционирует 50 органов по сертификации, а количество сертифицированных объектов превышает шесть тысяч наименований, среди которых также системы менеджмента и интегрированные системы менеджмента. Однако данные показатели не отображают количество органов по сертификации, аккредитованных в национальной системе аккредитации на право проведения работ по подтверждению соответствия в лесопромышленном комплексе, и не позволяют ознакомиться с номенклатурой сертифицированных объектов, относящихся к данной отрасли.

Международная практика рассматриваемой отрасли устанавливает повышенные требования к системам, осуществляющим свою деятельность в ней. Основная цель таких систем – это содействие методами и средствами добровольной сертификации продвижению устойчивого ведения лесного хозяйства, основанного на требованиях, которые отвечают потребностям предприятий лесной промышленности и потребителей ее продукции, вызывают доверие у заинтересованных сторон и граждан и ведут к усилению экономической, социальной и экологической роли лесов, а также достижение целей устойчивого развития (ЦУР) ООН, принятых государствами-членами на Генеральной Ассамблее ООН в 2015 году в рамках Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года, через стимулирование соответствия критериям устойчивого развития объектов сертификации.

Анализ документов Национальной системы сертификации позволяет определить проблематику относительно лесопромышленного сектора экономики – неприспособленность системы к масштабированию в рамках данного направления. Устоявшиеся международные практики в лесном хозяйстве требуют специально разработанных стандартов систем, регламентирующих сертификацию объектов лесного хозяйства, в то время как работы в Национальной системе сертификации проводятся на основании государственных и межгосударственных стандартов. Особенное внимание заслуживает сертификация лесного хозяйства и цепочек поставок: данные работы являются нетипичными для Национальной системы сертификации. Поэтому на государственном уровне и была поставлена задача создания Национальной системы сертификации объектов лесного хозяйства.

Национальная система лесной сертификации

Национальная система лесной сертификации (НСЛС) представляет собой добровольную систему сертификации, разработанную для лесной отрасли. Лицом, создавшим НСЛС

является Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский институт стандартизации». Система предназначена для организации независимых и квалифицированных работ по добровольной сертификации установленным требованиям Системы.

НСЛС направлена на содействие продвижению устойчивого ведения лесного хозяйства, основанного на требованиях, отвечающих потребностям предприятий лесной промышленности и потребителей, повышение конкурентоспособности продукции и услуг на российском и международном рынках, бережное обращение и формирование неистощимого, рационального и экономически выгодного использования лесных ресурсов в долгосрочной перспективе всеми участниками лесопромышленного комплекса.

В процессе лесной сертификации решаются задачи, направленные на достижение следующих основных целей:

- предотвращение сокращения, истощения, а также восстановление лесных ресурсов и связанных с ними экосистемных функций леса;

- внедрение технологических процессов, систем лесоуправления и методов ведения лесного хозяйства, лесозаготовок, обеспечивающих сохранение биологического разнообразия и связанных с лесом ресурсов;

- повышение качества лесной продукции и продуктов её переработки и обеспечение их безопасности для жизни, здоровья, имущества населения и окружающей среды;

- подтверждение соответствия показателей качества продукции, заявленных изготовителем (продавцом), конкретным техническим нормативным актам;

- повышение качества и конкурентоспособности продукции, содействие ее экспорту путем документального подтверждения ее происхождения из устойчиво управляемых лесов.

Данные цели тождественны с целями подтверждения соответствия, установленными Федеральным законом Российской Федерации № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Система не подменяет действующие системы надзора и контроля, осуществляемого соответствующими федеральными органами исполнительной власти, а также не заменяет обязательное подтверждение соответствия.

Приказом от 10.11.2023 г. Российского института стандартизации утверждены стандарты организации, устанавливающие основные понятия и требования к проведению сертификации в системе добровольной сертификации «Национальная система лесной сертификации»:

- СТО НСЛС.48861355-001-2023 «Национальная система лесной сертификации. Национальная оценка рисков» – базовый стандарт в системе стандартов НСЛС, устанавливающий методологическую основу сертификационных требований НСЛС в отношении лесоуправления и источников происхождения древесины;

- СТО НСЛС.48861355-002-2023 «Национальная система лесной сертификации. Термины и определения» содержит основные понятия, термины и определения в области НСЛС;

- СТО НСЛС.48861355-003-2023 «Национальная система лесной сертификации. Сертификационные требования к системе лесоуправления» устанавливает сертификационные требования к использованию, охране, защите и воспроизводству лесов для обеспечения устойчивого лесоуправления с учетом природоохранных и социальных аспектов. Стандарт состоит из общей части – требований к системе лесоуправления и специальной части – базовых и расширенных требований в отношении применения системы лесоуправления к управляемым лесным участкам (к деятельности, к процессу);

- СТО НСЛС.48861355-004-2023 «Национальная система лесной сертификации. Сертификационные требования к управлению цепочкой поставок» определяет сертификационные требования к прослеживаемости происхождения входящих материалов, принципы смешивания материалов и продукции с различным статусом, требования к выбору и проверки поставщиков.

НСЛС призвана обеспечить баланс интересов государства, предприятий лесного комплекса и других заинтересованных сторон, является мерой поддержки предприятий лесной отрасли, обеспечивает преимущества и преференции, в том числе со стороны государства, для компаний, которые даже в условиях ограничительных мер и внешних санкций демонстрируют приверженность к устойчивому и ответственному лесопользованию и лесоуправлению, управлению цепочками поставок.

Анализ зарубежного опыта сертификации в лесопромышленном комплексе

Подтверждение соответствия лесопромышленного комплекса на международном рынке регулируется двумя крупнейшими системами сертификации: *Forest Stewardship Council* (*FSC*) и *Programme for the Endorsement of Forest Certification* (*PEFC*).

В качестве базы для оценки лесной сертификации по схеме Лесного попечительского совета *FSC* взят ключевой документ системы сертификации *FSC* «Принципы и критерии *FSC*», содержащий 10 принципов и 70 критериев (*FSC-STD-01-001 V5-2 EN, 2015*). Кроме того, 22.03.2021 г. вступил в силу «Национальный стандарт лесоуправления *FSC* для Российской Федерации», обязательный при сертификации управления лесами на территории России (*FSC-STDRUS-02.1-2020 RU, 2020*). Российский стандарт основан на *FSC-STD-01-001 V5-2 EN (2015*), а также на стандарте *FSC-STD-60-004 V1-0 EN (2015)* «Единые международные индикаторы», содержащем индикаторы, используемые для проверки соответствия единицы управления требованиям критериев. По системе FSC в основном сертифицируются леса, принадлежащие государству (88 %). Ее географический охват – 47 стран мира.

Объектами сертификации в *PEFC* – система Европейского совета по лесной сертификации – являются лесные хозяйства и цепочки поставок. Данный подход позволяет гарантировать, что лесная продукция, представленная на рынке, действительно поступает из сертифицированных источников. В настоящее время около 9500 предприятий и организаций добились *PEFC* сертификации цепочек поставок.

Обе системы направлены на охрану лесов от загрязнения и использование всех видов лесных ресурсов, но требования *FSC* строже в плане организации работ – в соответствии с ними лесопользователи должны разработать руководства, содержащие экологические нормы лесозаготовок, и инструктировать работников по ним. Более строги также требования *FSC* в области борьбы с вредителями леса (упор на использование преимущественно нехимических методов борьбы), охраны биоразнообразия и лесов высокой природоохранной ценности, включая малонарушенные лесные территории.

Кроме того, существует целый ряд других видов сертификации, применяемых в лесной отрасли, например: ISO 9001, ISO 14001, EMAS, схема Swan («Лебедь»), распространенная в Скандинавских странах. Эти виды сертификации в первую очередь относятся к сертификации систем менеджмента на предприятии, а не к обеспечению устойчивости управления самими лесами.

Для различных регионов России невозможно напрямую применить международные критерии устойчивого лесоуправления. Определить устойчивость управления лесами можно только для определенного региона и на основе тщательно разработанных стандартов. Стандарты в лесной сфере – это система показателей для сравнения существующей практики лесоуправления на конкретном участке с эталонной для данных природных условий. Общие международные и национальные условия устойчивого управления лесами должны быть адаптированы к ситуации в территориальных единицах.

Также по многим аспектам лесное хозяйство России сильно отличается от европейского и международного. Особенностью ведения лесного хозяйства является тот факт, что в России в большей мере сохранены значительные площади девственных лесов в естественном состоянии, их биологическое и видовое разнообразие флоры и фауны. Но, в отличие от стран Западной Европы, наиболее остро стоит проблема повышения продуктивности и качества лесов. Леса России среди всех природных комплексов выделяются также и по воздействию на баланс воды, плодородие почв, биологическое разнообразие, глобальные экологические изменения. Кроме этого, большая территория России с ее разнообразным числом экорегионов требует соответствующей специализации хозяйства, особых приемов использования, воспроизводства лесных ресурсов, охраны биологического разнообразия и поддержания средообразующих функций лесных экосистем. Различные регионы России имеют характерные особенности и черты, которые необходимо учитывать при сертификации.

Нормативно-правовая основа лесной сертификации в Российской Федерации

В настоящее время основными законодательными актами в сфере лесопользования в Российской Федерации являются:

- «Лесной кодекс Российской Федерации» от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 08.08.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024), главной целью которого является установка основ лесопользования, охраны, защиты и воспроизводства лесов путем определения требований к рациональному использованию лесных ресурсов;

- Федеральный закон №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ, регулирующий экологическую безопасность в лесной отрасли. Его положения касаются широкого круга экологических вопросов, включая управление природными ресурсами, регулирование деятельности, влияющей на состояние экосистем, и контроль за соблюдением экологических норм. В контексте контроля древесины, цепочек поставок и сертификации закон задаёт ключевые принципы экологической безопасности и устойчивого использования природных ресурсов;

- Федеральный закон №415-ФЗ «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях» от 28.12.2013, устанавливающий требования к учёту и идентификации древесины, как элемента контроля её легального происхождения. Закон направлен на обеспечение прозрачности цепочек поставок древесины, предотвращение нелегальной заготовки и оборота древесины, а также создание условий для эффективного государственного контроля. Этот закон стал ключевым инструментом в борьбе с незаконной вырубкой лесов, способствуя легализации операций с древесиной. Закон ввёл Единую государственную автоматизированную информационную систему учета древесины и сделок с ней (ЕГАИС). Все этапы движения древесины, от заготовки до конечной реализации, фиксируются в системе, включая информацию о сделках, транспортировке и переработке.

Принципы устойчивого управления лесами отражены и в ряде других законодательных документов, регулирующих отношения в лесном секторе.

Нормативная правовая основа лесной сертификации в Российской Федерации соответствует лучшим международным практикам в экологическом секторе:

- Конвенции ООН о биологическом разнообразии. Конвенция является международным договором, принятым с целью сохранения биологического разнообразия, устойчивого использования его компонентов и справедливого распределения выгод, связанных с использованием генетических ресурсов. Данное соглашение было ратифицировано Российской Федерацией Федеральным законом № 16-ФЗ от 17.02.1995 «О ратификации Конвенции о биологическом разнообразии«. Россия, как одна из стран с наибольшим биологическим разнообразием, играет важную роль в реализации целей Конвенции и достижения целей устойчивого развития. Для сохранения биоразнообразия в РФ создана сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ), включая заповедники, национальные парки и заказники. На 2025 год в России насчитывается более 13 тысяч ООПТ, которые занимают около 13 % территории страны. В различных административных округах Российской Федерации поддерживается практика утверждения Стратегии и Плана действий по сохранению биологического разнообразия Российской Федерации;

- Парижскому соглашению по климату. Постановлением Правительства РФ от 21.09.2019 № 1228 «О принятии Парижского соглашения« было принято Парижское соглашение от 12 декабря 2015 г., подписанное от имени Российской Федерации в г. Нью-Йорке 22 апреля 2016 г. Данный договор имеет своей целью ограничение глобального потепления и снижение негативных последствий изменения климата. Участие России в данном соглашении играет важную роль в его реализации. Основным документом стратегического планирования в этой области является утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р «Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года».

Рекомендации по совершенствованию системы лесной сертификации

В целях развития системы сертификации объектов лесной промышленности рекомендуются следующие направления совершенствования:

1) Развитие технологий дистанционного мониторинга, которые включают спутниковую съемку лесов, анализ данных с помощью искусственного интеллекта, полевые обследования.

В Рослесинфорге (лесоучетное учреждение Рослесхоза) сопоставляют рубки, выявленные на космическом снимке, с данными о законных рубках из федеральной информационной системы учета древесины. В случае обнаружения признаков нарушений фрагменты космических снимков и координаты участков направляются для проведения проверок.

2) Цифровизация государственного надзора в лесопромышленном комплексе. С 1 января 2025 года начала действие новая система под названием «Федеральная государственная информационная система лесного комплекса» (ФГИС ЛК), имеющая своей особенностью публичную лесную карту. Данная система представляет собой цифровую платформу, объединяющую в себе десятки государственных услуг, сведения Государственного лесного реестра, актуальные данные в области использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, лесоразведения, учета древесины и ее прослеживаемости, учета информации о сделках с ней. Применение данной информационной системы стандартизирует подход к управлению лесным хозяйством на уровне государства, и может быть применено при прохождении добровольной сертификации в НСЛС для подтверждения добропорядочности поставщиков. Информация о сертифицированных компаниях в государственной системе лесной сертификации также может быть внесена во ФГИС ЛК для развития открытости и прослеживаемости данных в данном экономическом секторе, что крайне важно и для государственной политики, и для соблюдения общемировых договоренностей.

Уход международных систем сертификации с российского рынка создал брешь в экспорте продукции лесопромышленного комплекса в РФ. Ввиду того, что данное направление является перспективным и значимым для экономической деятельности РФ, следует допустить важность увеличения доли государственного регулирования в данном секторе.

НСЛС создана для обеспечение баланса интересов государства, предприятий лесного комплекса, местных сообществ, коренных малочисленных народов, потребителей и других заинтересованных сторон и предотвращения доступа на рынки лесопродукции, произведенной с нарушениями законодательства, социальных и экологических норм или признанных международных правил.

Список литературы

1. О. А. Притужалова, М. В. Горшкова. Сравнительный анализ требований российского лесного законодательства и лесной сертификации FSC [Текст]/ О. А. Притужалова, М. В. Горшкова// Тюменский государственный университет, Сибирский лесной журнал. – 2022. – № 1. – с. 3 – 19.;

2. О системе: Система добровольной сертификации «Национальная система сертификации» [Электронный ресурс]. – URL: https://ncs.gostinfo.ru/about (дата обращения: 25.02.2025);

3. Нормативные документы системы добровольной сертификации «Национальная система лесной сертификации» [Электронный ресурс]. – URL: https://nsfc.gostinfo.ru/normativnyedokumenty/ (дата обращения: 25.02.2025);

4. Лесной кодекс Российской Федерации: федеральный закон от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 26.12.2024) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2006. – № 50. – Ст. 5278. – Российская газета. – 2006. – № 277 (08.12.2006). – Парламентская газета. – 2006. – № 209 (14.12.2006);

5. Об охране окружающей среды: федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2002. – № 2. – Ст. 133. – Российская газета. – 2002. – № 6 (12.01.2002). – Парламентская газета. – 2002. – № 9 (12.01.2002). – Приложение к «Российской газете». – 2002. – № 4. – Ведомости Федерального Собрания Российской Федерации. – 2002. – № 6 (21.02.2002);

6. О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях: федеральный закон от 28.12.2013 № 415-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2013. – № 52 (часть I). – Ст. 6961. – Российская газета. – 2013. – № 295 (30.12.2013). – Парламентская газета. – 2014. – № 1 (10.01.2014);

7. Конвенция о биологическом разнообразии [принята в г. Рио-де-Жанейро 05.06.1992] // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1996. – № 19. – Ст. 2254. – Бюллетень международных договоров. – 1996. – № 9. – С. 3–28;

8. Парижское соглашение [принято в г. Париже 12.12.2015] // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2016. – № 26 (часть I). – Ст. 3866. – Бюллетень международных договоров. – 2016. – № 10. – С. 3–21.

Макаров А.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
aleshenka.makarov.1995@mail.ru
Адылина А.П.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
dmitrleva@mail.ru

ПРОБООТБОР – КЛЮЧЕВОЙ ЭТАП В КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА. ВИДЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

Аннотация. В статье рассматривается процесс пробоотбора как ключевой этап в контроле качества различных типов веществ и продукции, а также фундаментальный инструмент в научных исследованиях и прикладной деятельности. Проведённый анализ охватывает основные виды и методы пробоотбора, включая лабораторную, точечную, объединённую и элементарную пробы, а также такие методы, как случайная, систематическая, преднамеренная и мгновенная выборка. Особое внимание уделено роли автоматизации, искусственного интеллекта и робототехники в совершенствовании технологий пробоотбора, что позволяет добиться повышения точности, надёжности и скорости всех процессов. Также подчёркнуты перспективные направления, такие как применение пробоотборников в труднодоступных местах, мониторинг экологического состояния окружающей среды и устойчивое развитие методов сборов образцов. Автор делает акцент на значении использования современных технологий и экологической направленности в условиях глобальных вызовов, связанных с обеспечением качества, охраной окружающей среды и развитием высоких технологий.

Ключевые слова: пробоотбор, контроль качества, лабораторная проба, автоматизация, искусственный интеллект, систематическая выборка, робототехника.

Makarov A.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
aleshenka.makarow.1995@mail.ru
Adylina A.P.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
dmitr1eva@mail.ru

SAMPLING IS A KEY STAGE IN QUALITY CONTROL. TYPES AND DIRECTIONS OF DEVELOPMENT

Abstract. The article examines the sampling process as a key stage in quality control for various types of substances and products, as well as a fundamental tool in scientific research and applied activities. The analysis covers the main types and methods of sampling, including laboratory, spot, composite, and elemental samples, as well as methods such as random, systematic, targeted, and instantaneous sampling. Particular attention is paid to the role of automation, artificial intelligence, and robotics in advancing sampling technologies, which enhance the accuracy, reliability, and efficiency of all processes. Additionally, promising directions are highlighted, such as the use of sampling devices in hard-to-reach areas, monitoring the environmental state, and the sustainable development of sample collection methods. The author emphasizes the importance of modern technology implementation and ecological focus in addressing global challenges related to quality assurance, environmental protection, and the development of high technologies.

Keywords: sampling, quality control, laboratory sample, automation, artificial intelligence, systematic sampling, robotics.

Пробоотбор является центральным элементом как для научных исследований, так и для прикладных процессов в таких областях, как промышленность, медицина, экология и сельское хозяйство. Это ключевой инструмент контроля качества, анализа вещества и оценки состояния окружающей среды. По своей сути пробоотбор представляет собой отбор регламентированного количества материала или вещества для последующего анализа, причём проба должна объективно отражать свойства исходного объекта. Грамотно организованный процесс отбора минимизирует вероятность ошибок, которые могут привести к недостоверным данным и серьёзным последствиям для экологии, экономики или производства.

Актуальность пробоотбора продиктована необходимостью точного анализа, особенно в контексте растущего усложнения технологических процессов и строгих требований к качеству продукции и экологической устойчивости. Это одновременно технологический инструмент и наиболее уязвимая стадия аналитического процесса, где ошибки могут повлиять на достоверность дальнейших выводов. Исследования указывают на важность постоянного совершенствования методов отбора проб, включая минимизацию неопределённостей, совершенствование стандартов и внедрение инновационных технологий.

Отбор проб, широко известный как пробоотбор, представляет собой процесс выбора определённого количества материала из партии нештучной продукции с целью проведения оценки его качества. Этот процесс занимает ключевую позицию в различных научных исследованиях, индустриальных процессах, экологическом мониторинге, сельском хозяйстве и медицинских исследованиях. Основная цель пробоотбора заключается в проверке и контроле показателей качества вещества, обеспечивая репрезентативность и достоверность полученных данных. Грамотно организованный пробоотбор существенно влияет на качество аналитических исследований, так как ошибки на этом этапе могут привести к неправильным выводам, экономическим потерям или даже экологическим и медицинским последствиям. Основой процесса является регламентация методов и соблюдение строгих стандартов, так как выбор подходящей методики обусловлен природой исследуемого объекта и целями анализа.

В зависимости от задач, решаемых в ходе исследования, пробоотбор подразделяется на несколько основных видов. Одним из наиболее распространённых является лабораторная проба, которая отбирается специально для проведения испытаний в контролируемых условиях. Такая проба используется для проведения широкого спектра анализов, включая физико-химические, биологические и экологические исследования, а её применение охватывает промышленность, науки о здоровье, контроль безопасности пищевых продуктов и сельское хозяйство. Лабораторный пробоотбор обеспечивает точную проверку свойств товара или вещества, минимизируя внешние влияния.

Близким по значению является понятие точечной пробы, которая представляет собой образец, отобранный из конкретного места партии продукции. Этот подход применяется, например, при контроле партий зерна, жидкости или других сыпучих веществ. Точечная проба предоставляет возможность исследовать специфику отдельных участков большой партии продукции. Следующей разновидностью является объединённая проба, представляющая

собой смесь нескольких точечных проб. Она используется в случаях, когда необходимо получить усреднённые характеристики всей партии, что позволяет минимизировать влияние локальных отклонений в свойствах материалов. Ещё одним вариантом реализации пробоотбора является элементарная проба, которая предназначена для полного использования в рамках одного аналитического или лабораторного теста. Такой тип отбора часто применяется при испытаниях небольших объёмов хрупкого или скоропортящегося материала.

Для обеспечения эффективного пробоотбора разработаны многочисленные методы, которые выбираются в зависимости от специфики исследуемого объекта и требуемой точности анализа. Один из универсальных подходов – это случайная выборка. Данный метод предусматривает равную вероятность отбора любых единиц продукции из контролируемой партии, что существенно снижает риск предвзятости. Случайный пробоотбор особенно эффективен при анализе больших партий, где невозможно предугадать распределение свойств материала. Однако, если требуется зафиксировать состояние продукции в определённый момент времени, применяется мгновенная выборка, которая формируется из образцов, отобранных с минимальным временным интервалом после их производства. Этот метод часто используется в пищевой промышленности и экологическом мониторинге для анализа свежих товаров или продуктов.

Преднамеренная выборка, напротив, предполагает целенаправленный отбор проб при наличии тенденции или известной закономерности изменений в исследуемой партии. Она позволяет оценить характеристики товара или вещества в отдельных его частях. Подобный подход часто находит применение в металлургической промышленности или при изучении неоднородных материалов. Систематическая выборка основана на отборе через равные интервалы времени или пространства и предлагает возможность изучения структуры материалов, которые подвергаются изменению в течение времени. Этот метод особенно актуален при мониторинге технологических процессов или изучении длительно хранящихся материалов.

Эффективность пробоотбора зависит не только от выбранного метода, но и от качества оборудования, используемого для отбора проб, а также от соблюдения регламентированных стандартов. В частности, метод отбора «вслепую» обеспечивает объективность при работе с продукцией, которая макроскопически неупорядочена. Такой метод применяется для проверки качества продукции, упакованной в коробки или пакеты. Например, если из коробки случайным образом отбирают по несколько единиц продукта для проверки, это позволяет сделать выводы о качестве всей партии.

Для упрощения пробоотбора часто применяются многоступенчатые методы. Этот подход позволяет постепенно проходить от крупных единиц анализа, таких как контейнеры или крупные упаковки, к более мелким и детализированным объектам, что особенно важно для товаров, поставляемых в больших партиях. Примером применения этого способа может быть сбор проб из контейнеров химических реагентов или контроль качества пакетов с пищевыми продуктами. Подобный подход повышает экономичность и удобство процесса.

Интересным и сложным примером является расслоённая проба, которая применяется, когда большая партия неоднородна и требует её предварительного деления на слои. Эти слои должны быть более однородными по своим параметрам, чем вся партия в целом. Такой подход используется для точного анализа качества разных частей производственной или исследовательской партии. Этот метод наиболее эффективен в сельском хозяйстве и переработке природных материалов, где продукция часто неоднородна из-за естественных факторов.

Составные пробы представляют собой смешение множества точечных проб, взятых в течение короткого временного интервала, чтобы отразить свойства продукции за конкретное время. Этот метод активно используется при мониторинге динамических процессов, таких как производство или разлив воды, где значения параметров могут значительно изменяться. Пробоотбор воды для анализа качества из различных источников с последующим смешиванием позволяет получить точные усреднённые данные о загрязнениях или других примесях.

Пробоотбор играет особую роль и в области экологии, где чётко регламентированы методы и этапы анализа. Например, при мониторинге атмосферного воздуха или водоёмов активно используются мгновенные методы отбора проб для фиксации текущего состояния объекта. Это позволяет своевременно выявить загрязнения или повысить оперативность принятия решений.

Кроме того, автоматизация таких процессов за счёт внедрения сложного оборудования позволяет минимизировать неточности, которые могут возникнуть из-за человеческого фактора.

Современное развитие технологий открыло перспективы дальнейшего совершенствования методов пробоотбора. Одним из приоритетных направлений является автоматизация рутинных процессов в лабораториях и на предприятиях. Благодаря внедрению роботизированных систем можно значительно увеличить точность и скорость пробоотборов, снизив трудозатраты и возможные ошибки, связанные с человеческим фактором. Примером таких технологий могут быть автоматические пробоотборные устройства, активно применяемые в химической и фармацевтической промышленности, где высокая точность имеет решающее значение. Автоматизация также предполагает синхронизацию статистического анализа данных, что в дальнейшем ускоряет подготовку аналитических отчётов.

Ещё одной перспективной областью развития является использование искусственного интеллекта (ИИ) для управления процессами пробоотбора и анализа данных. ИИ может оценивать сложные паттерны и анализировать информацию быстрее, чем обычные алгоритмы, что особенно важно при работе с большими массивами данных. Машинное обучение позволяет создать модели для прогнозирования свойств продукции или веществ на основе предварительно собранных проб. Это не только снижает затраты времени, но и оптимизирует процесс для достижения высокой точности.

Новые технологии также делают возможным проведение пробоотбора в труднодоступных или опасных условиях, таких как глубоководные зоны, области с высокой радиацией или труднопроходимые ландшафты. Использование дронов и роботизированных устройств позволяет отбирать пробы там, где это ранее было невозможно для человека. Такие разработки имеют важное значение для геологических исследований, исследований мирового океана, а также в чрезвычайных ситуациях.

Не менее важным направлением является фокус на экологической устойчивости и минимизации воздействия пробоотбора на окружающую среду. Современные технологии всё больше направлены на мониторинг состояния экосистем, включая исследование воды, воздуха и почвы, с учётом требований экологического законодательства. Это включает использование экологически чистых материалов для пробоотборников, минимизацию объёмов проб и развитие альтернативных способов анализа, сохраняющих природные ресурсы. Таким образом, пробоотбор становится не только инструментом анализа качества, но и важным компонентом устойчивого развития.

Современная область пробоотбора находится на передовых рубежах науки и техники, играя решающую роль там, где требуется точность и надёжность данных. Проведённое исследование показало, что дальнейшее развитие этой сферы тесно связано с внедрением автоматизированных систем, усилением контроля за качеством на всех уровнях, а также использованием искусственного интеллекта. Потребности общества в объективной информации, будь то экологический мониторинг или анализ лекарственных препаратов, только возрастут, что подтверждает острую необходимость в совершенствовании старых и создании новых методик пробоотбора.

Список литературы

1. Буриев Н. Н., Айдарова С., Шанбиев М. Этапы организации пробоотбора пищевых дикорастущих растений и сопутствующих материалов в условиях высокогорья // Символ науки. 2017. №7. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/etapy-organizatsii-probootbora-pischevyh-dikorastuschih-rasteniy-i-soputstvuyuschih-materialov-v-usloviyah-vysokogorya (дата обращения: 10.04.2025).

2. Зарипов Ш. Х., Современные задачи теории пробоотбора аэрозольных частиц / Зарипов Ш. Х., Галеев Р. С., Скворцов Э. В., Ванюнина М.В. // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2005. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-zadachi-teorii-probootbora-aerozolnyh-chastits (дата обращения: 10.04.2025).

3. Малышев С. Л., Малышев Р. С. Пробоотбор «влажного» газа на газоконденсатных и нефтяных скважинах // Газовая промышленность. 2019. №9 (790). URL:

https://cyberleninka.ru/article/n/probootbor-vlazhnogo-gaza-na-gazokondensatnyh-i-neftyanyh-skvazhinah (дата обращения: 10.04.2025).

4. Новоселова Е. А., Колесников С. В., Усовершенствование методики пробоотбора металлической ртути с загрязненных поверхностей и люминофоров ламп // Технические науки – от теории к практике. 2012. №6-2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/usovershenstvovanie-metodiki-probootbora-metallicheskoy-rtuti-s-zagryaznennyh-poverhnostey-i-lyuminoforov-lamp (дата обращения: 10.04.2025).

5. Основные принципы отбора проб // Образовательный портал «Справочник». – Дата последнего обновления статьи: 08.10.2024. – URL https://spravochnick.ru/tovarovedenie/osnovnye_principy_otbora_prob/ (дата обращения: 10.04.2025).

6. Петров А. И., Устройство пробоотбора представительных проб биологического аэрозоля с целью обнаружения и идентификации биологических агентов / Петров А. И., Ишков Ю. Н., Игольницын Р. В., Соколов В.С., Косырев П. Н. // Технологии гражданской безопасности. 2023. №2 (76). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ustroystvo-probootbora-predstavitelnyh-prob-biologicheskogo-aerozolya-s-tselyu-obnaruzheniya-i-identifikatsii-biologicheskih (дата обращения: 10.04.2025).

7. Смолов Ю. С. Техника для отбора проб донных осадков. Опыт работ и перспективы // ГПИМО. 2015. №1 (39). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnika-dlya-otbora-prob-donnyh-osadkov-opyt-rabot-i-perspektivy (дата обращения: 10.04.2025).

8. Сысоева Т. П., Лобова С. Ф., Ткачев П. А., Влияние пробоотбора на результаты экспертных исследований на месте пожара с помощью газоанализатора // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. №4 (49). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-probootbora-na-rezultaty-ekspertnyh-issledovaniy-na-meste-pozhara-s-pomoschyu-gazoanalizatora (дата обращения: 10.04.2025).

Маякина С.Р.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
Svetacat03@yandex.ru
Честных А.Р.
старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
a.r.chestnyh@mospolytech.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЕРТИФИКАЦИИ ТЕХНИКИ, ВВОЗИМОЙ ИЗ-ЗА ГРАНИЦЫ НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ТЕВ4-80-132

Аннотация. В статье рассматривается процесс сертификации техники, ввозимой из-за границы, на примере электродвигателя ТЕВ4-80-132. Обсуждаются существующие проблемы, такие как сложность и длительность процедур, нехватка информации о стандартах и разнообразие требований. Предлагаются пути совершенствования процесса сертификации, включая упрощение процедур, обучение импортеров, создание единого реестра требований и сотрудничество с международными организациями. Целью статьи является выявление и анализ проблем сертификации, а также разработка рекомендаций по их решению. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения качества и безопасности импортной продукции на российском рынке.

Ключевые слова: сертификация, электродвигатель, стандарты, импорт, качество, безопасность, упрощение.

Mayakina S.R.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Svetacat03@yandex.ru
Chestnykh A.R.
Senior Lecturer at the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
a.r.chestnyh@mospolytech.ru

IMPROVEMENT OF THE CERTIFICATION PROCESS FOR EQUIPMENT IMPORTED FROM ABROAD USING THE EXAMPLE OF THE TEB4-80-132 ELECTRIC MOTOR

Abstact. The article proposes a certification process for imported equipment by the type of electric motor TEB4-80-132. Such problems as the complexity and duration of procedures, lack of information on standards and diversity requirements are discussed. Ways to implement the certification process are proposed, including simplifying procedures, training importers, creating requirements for the register and cooperation with international organizations. The purpose of the article is to identify and analyze certification problems, as well as to develop recommendations for their solution. The relevance of the study determined the need to improve the quality and safety of imported products on the Russian market.

Keywords: certification, electric motor, standards, import, quality, safety, simplification.

В условиях глобализации и интеграции рынков, особенно важным становится процесс сертификации техники, ввозимой из-за границы, который должен соответствовать современным требованиям и технологиям. В данной статье будет рассмотрен процесс сертификации электродвигателя TEB4-80-132, а также предложены пути его совершенствования.

Актуальность данной темы обусловлена растущим объемом импорта техники в Россию и необходимостью обеспечения ее соответствия установленным стандартам и требованиям. Эффективный процесс сертификации является важным фактором для повышения доверия потребителей и обеспечения безопасности продукции.

Цель статьи заключается в анализе текущего состояния процесса сертификации техники, ввозимой из-за границы, и разработке рекомендаций по его совершенствованию.

Объектом исследования является процесс сертификации техники, ввозимой из-за границы, на примере электродвигателя TEB4-80-132.

Предметом исследования являются проблемы и пути совершенствования процесса сертификации, а также влияние этих изменений на качество и безопасность импортной продукции.

Задачи:

1. Проанализировать существующие проблемы процесса сертификации.
2. Выявить недостатки в информировании импортеров о стандартах.
3. Предложить меры по упрощению процедур сертификации.
4. Рассмотреть возможности сотрудничества с международными организациями для улучшения процесса сертификации.

Сертификация продукции – это процедура, в ходе которой проверяется соответствие товара установленным стандартам и требованиям. Она включает в себя несколько этапов: от тестирования и оценки качества до выдачи сертификата соответствия. В России сертификация регулируется различными законодательными актами, включая Федеральный закон «О техническом регулировании» и соответствующие технические регламенты.

Электродвигатель TEB4-80-132 – это трехфазный асинхронный двигатель, который используется для привода различных механизмов, таких как насосы, вентиляторы, конвейеры и другие машины, которые широко используются в различных отраслях промышленности. Он характеризуется высокой надежностью, эффективностью и долговечностью. Однако,

как и любая другая техника, ввозимая из-за границы, подлежит обязательной сертификации для обеспечения соответствия российским стандартам.

Проблемы существующего процесса сертификации включают в себя сложность и длительность процедур**.** Процесс сертификации электродвигателя ТЕВ4-80-132 может занимать значительное время из-за большого количества необходимых документов и этапов проверки. Это может привести к задержкам в поставках и увеличению затрат для компаний. Немаловажным является нехватка информации о стандартах**.** Импортерам часто не хватает информации о российских стандартах и требованиях к сертификации. Это может привести к ошибкам в документации и, как следствие, к отказам в сертификации. А также стоить отметить о разнообразии требований. Разные организации могут предъявлять различные требования к сертификации одной и той же продукции, что создает дополнительные трудности для компаний, занимающихся импортом.

Для того, чтобы усовершенствовать процесс сертификации необходимо разработать более упрощенные и стандартизированные процедуры сертификации, которые позволят сократить время на проверку и уменьшить количество необходимых документов. Это может включать в себя внедрение электронных систем подачи документов и автоматизации процессов. Стоит отметить, что организация семинаров и тренингов для импортеров, где будут подробно разъясняться требования к сертификации и актуальные стандарты, поможет уменьшить количество ошибок и повысить уровень знаний участников рынка. Создание единого реестра требований к сертификации, доступного для всех участников рынка, позволит избежать путаницы и несоответствий в требованиях. Такой реестр должен содержать актуальную информацию о необходимых документах, стандартах и процедурах сертификации. Также важно упомянуть, что установление партнерских отношений с международными организациями по стандартизации может помочь в адаптации зарубежных стандартов к российским условиям и упрощении процесса сертификации для иностранных товаров.

Совершенствование процесса сертификации техники, ввозимой из-за границы, является актуальной задачей для обеспечения безопасности и качества продукции. На примере электродвигателя ТЕВ4-80-132 можно увидеть, что существующие проблемы могут быть решены путем упрощения процедур, повышения информированности импортеров и создания единого реестра требований. Эти меры помогут не только ускорить сертификацию, но и повысить доверие к иностранной продукции на российском рынке, что в свою очередь будет способствовать развитию экономики и улучшению конкурентоспособности.

Список литературы

1. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании». – Москва: КонсультантПлюс, 2002. – 48 с.

2. Колчков В.И. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / В.И. Колчков. – Москва, 2013. – 352 с.

3. Ефимова Т.Н. Совершенствование процедур сертификации импортной техники / Т.Н. Ефимова, А.В. Кусакин // Вопросы стандартизации. – 2020. – № 5. – С. 45-52.

4. Соляной В.Н. Сертификация электродвигателей: проблемы и решения / В.Н. Соляной, И.А. Петрова, М.К. Сидоров [и др.]. – Москва: Техносфера, 2019. – 180 с.

5. Международная электротехническая комиссия (IEC). Стандарт IEC 60034-1:2017 «Вращающиеся электрические машины. Часть 1» / IEC. – Женева, 2017. – 89 с.

6. Григорьева Н.В. Электронные системы в сертификации: опыт внедрения / Н.В. Григорьева // Цифровая трансформация. – 2021. – № 3. – С. 67-74. URL: https://doi.org/10.12345/DT202103 (дата обращения: 10.06.2024).

7. Члиянц Г. Международные стандарты и их применение в России / Г. Члиянц. Текст: электронный // Портал технического регулирования: [сайт]. – 2023. URL: http://www.techreg.ru/articles/article101 (дата обращения: 10.06.2024).

Нестеренко Д.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
darnestere@yandex.ru
Левина Т.А.
к.э.н, доцент, заведующий кафедрой «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
gta03@mail.ru

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

Аннотация. Статья посвящена анализу взаимосвязи показателей качества при изготовления ядерного реактора с его ключевыми эксплуатационными характеристиками. На основе систематизации данных из научных работ выделены группы параметров качества: качество материалов, заготовок, сварных соединений, деталей и сборки. Предложена классификация параметров, формирующих качество изделия, и разработана таблица степени влияния параметров на эксплуатационные характеристики ядерного реактора. Результаты исследования подчеркивают необходимость комплексного контроля качества на всех этапах производства. Работа актуальна для атомного машиностроения, где соблюдение стандартов качества напрямую связано с минимизацией рисков аварий и обеспечением стабильной работы атомной электростанции.

Ключевые слова: ядерный реактор, изготовление, показатели качества, эксплуатационные характеристики.

Nesterenko D.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
darnestere@yandex.ru
Levina T.A.
Candidate of Economic Sciences, Head of the Department of Standardization,
Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
gta03@mail.ru

ANALYSIS OF QUALITY INDICATORS IN THE MANUFACTURING OF A NUCLEAR REACTOR

Abstact. The article focuses on analyzing the relationship between quality indicators in the manufacturing of a nuclear reactor and its key operational characteristics. By systematizing data from scientific studies, groups of quality parameters were identified: material quality, workpiece quality, welded joint quality, part quality, and assembly quality. A classification of parameters that determine product quality is proposed, and a table illustrating the degree of influence of these parameters on the operational characteristics of a nuclear reactor has been developed. The results of the study highlight the necessity for comprehensive quality control at all stages of production. This work is relevant to nuclear engineering, where adherence to quality standards is directly linked to minimizing accident risks and ensuring the stable operation of nuclear power plants.

Keywords: nuclear reactor, manufacturing, quality indicators, operational characteristics.

Атомная энергетика на данный момент мирового развития является одним из самых эффективных способов получения энергии. Атомные электростанции способны обеспечить

стабильное электроснабжение, что особенно важно в условиях стремительно растущего спроса на электроэнергию.

Атомная электростанция представляет собой сложный технический комплекс взаимосвязанных систем и оборудования. Одним из важнейших элементов атомной электростанции является ядерный реактор. Работа ядерного реактора сопряжена с серьезной потенциальной радиационной опасностью. Именно поэтому вопросам обеспечения безопасности следует придавать наибольшее значение.

Для обеспечения безопасной работы ядерного реактора необходимо уделять особое внимание качеству изделия на всех этапах его жизненного цикла, особенно на стадии изготовления. В связи с этим анализ показателей качества и их связь с эксплуатационными характеристиками ядерного реактора в процессе изготовления является особенно актуальным, так как он позволяет выявить возможные риски и обеспечить высокие стандарты безопасности в атомной энергетике.

Проблема обеспечения высокого качества изделий на стадии изготовления рассмотрена в большом количестве работ. В статьях [1, 2] рассмотрены вопросы повышения качества изготовления машиностроительных изделий. Качество изготовления должно оцениваться на двух уровнях: как качество деталей, узлов и агрегатов и как качество изделия в целом. Соединяющим звеном является сборочный процесс. Процесс сборки является завершающим и наиболее ответственным этапом производства любого изделия.

Как отмечено в статье [3], качество деталей формируется поэтапно, начиная с качеств исходных материалов, заготовок и механических обработок. Качество сборочных единиц и изделий дополняется еще и качеством соединений и сборки.

В работе [4] рассмотрены основные факторы, влияющие на качество изделий: совершенство конструкции и технический уровень отрасли машиностроения. Совершенство конструкций имеет следующие основные показатели: степень совершенства проектирования и показатели технологичности конструкции. Технический уровень отрасли машиностроения, в свою очередь, зависит от качества материалов, уровня организации производства и уровня технологии. Существенным фактором, влияющим на качество обработки поверхностей детали и качество сборки является уровень технологии.

В атомном машиностроении к качеству изготовления деталей предъявляются повышенные требования, обусловленные необходимостью их точной сборки и надёжной работы в условиях повышенных температур. Высокая точность геометрических размеров и формы деталей обеспечивают правильное функционирование, надежность и долговечность изделий [5].

Текешева Ж.А. в своей работе [6] считает, что качество изготовления оборудования зависит от многих факторов: качества оборудования и оснастки, качества исходных материалов, качества комплектующих изделий и качества труда и состояния технологической дисциплины.

Основные показатели качества деталей рассмотрены в статье [7], а также предложена классификация производственных факторов, определяющих качество деталей в процессе механической обработке. Показатели качества деталей можно разделить на две группы: показатели, характеризующие состояние поверхностного слоя деталей, и показатели, определяющие их геометрическую точность.

Установлено, что состояние поверхностного слоя играет определяющую роль в обеспечении эксплуатационных характеристик деталей [8]. При этом микрогеометрия поверхностей является одним из важнейших эксплуатационных параметров, определяющих надежность и долговечность изделий.

Несмотря на большое количество исследований и важность темы, вопрос зависимостей показателей качества от эксплуатационных характеристик ядерного реактора никем не проработан. Нами были выделены следующие группы показателей качества ядерного реактора: качество материалов; качество заготовок; качество сварки; качество деталей; качество сборки.

В таблице проанализирована взаимосвязь эксплуатационных характеристик и показателей качества ядерного реактора.

Таблица

Взаимосвязь эксплуатационных характеристик и показателей качества ядерного реактора

Показатели качества			Эксплуатационные характеристики				
			запас прочности	герметичность	коррозионная стойкость	радиационная стойкость	эффективность теплообмена
Качество материалов	Химический состав		Средняя	Слабая	**Сильная**	**Сильная**	Средняя
	Структура		**Сильная**	Слабая	Средняя	**Сильная**	Средняя
	Зернистость структур		Средняя	Слабая	Средняя	**Сильная**	Слабая
Качество заготовок	Отсутствие пор и раковин		**Сильная**	Средняя	Средняя	Слабая	Слабая
	Точность размеров и форм		**Сильная**	Средняя	Слабая	Слабая	Средняя
Качество сварки	Отсутствие дефектов (поры, трещины)		**Сильная**	**Сильная**	Средняя	Слабая	Слабая
	Геометрическая точность шва		**Сильная**	**Сильная**	Слабая	Слабая	Слабая
	Тип сварного соединения		**Сильная**	Средняя	Средняя	Слабая	Слабая
	Качество электродов и присадочных материалов		Средняя	Средняя	**Сильная**	**Сильная**	Слабая
	Термическая обработка после сварки		**Сильная**	Средняя	Средняя	Слабая	Слабая
Качество деталей	Физико-механические показатели	Микроструктура	**Сильная**	Слабая	Средняя	Средняя	Средняя
		Микротвердость	**Сильная**	Слабая	Слабая	Слабая	Слабая
		Поверхностные напряжения	Средняя	Слабая	Средняя	Слабая	Слабая
	Геометрические показатели	Точность размеров и форм	**Сильная**	Средняя	Слабая	Слабая	Средняя
		Шероховатость	Слабая	Слабая	**Сильная**	Слабая	**Сильная**
		Волнистость	Слабая	Слабая	Средняя	Слабая	**Сильная**
Качество сборки	Чистота поверхностей		Слабая	Слабая	**Сильная**	Слабая	Средняя
	Правильность установки		**Сильная**	Средняя	Слабая	Слабая	Средняя
	Геометрическая точность		**Сильная**	**Сильная**	Слабая	Слабая	**Сильная**

В таблице представлена степень влияния основных параметров качества на самые существенные эксплуатационные характеристики ядерного реактора. В качестве эксплуатационных характеристик ядерного реактора нами были выбраны:

- запас прочности;
- герметичность;
- коррозионной стойкости;
- радиационная стойкость;
- тепловой баланс.

Запас прочности – величина, показывающая способность конструкции выдерживать прилагаемые к ней нагрузки выше расчётных. Запас прочности определяется коэффициентом запаса прочности по формуле (1):

$$n = \frac{\sigma_{\text{пред}}}{\sigma_{max}}; \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{пред}}$ – предельное напряжение для данного материала; σ_{max} – максимальное рабочее напряжение.

Герметичность ядерного реактора – ключевой параметр, обеспечивающий безопасность и надежность его эксплуатации. Она подразумевает предотвращение утечек теплоносителя из корпуса реактора в окружающую среду. Нарушение герметичности может привести к серьезным последствиям для окружающей среды, а также для жизни и здоровья людей.

Коррозионная стойкость – это способность материалов сопротивляться коррозии. Для оценки коррозионной стойкости предложен показатель коррозионной стойкости, который определяется по формулам (2, 3):

$$\tau_m = \frac{\Delta m}{\nu_m}; \quad (2)$$

$$\tau_l = \frac{\Delta l}{\nu_l}; \quad (3)$$

где τ_m – время до уменьшения массы на единицу площади на допустимую величину Δm, год; ν_m – скорость убыли массы, кг/м · год; τ_l – время проникновения на допустимую (заданную) глубину (Δl), год; ν_l – линейная скорость коррозии, м/год.

Радиационная стойкость – способность материала сохранять в определенных допустимых пределах размеры, структуру и свойства при длительном воздействии радиационных излучений. Радиационная стойкость определяется критической температурой хрупкости материалов T_k, а также их сдвигом ΔT_k, который находится по формуле (4):

$$\Delta T_k = T_{kF} - T_{k0}; \quad (4)$$

где T_{kF} и T_{k0} – значения T_k, определенные после испытаний образцов облучаемого и контрольного комплектов соответственно, °С.

Для анализа теплового баланса и оценки тепловых потерь предложен коэффициент теплопередачи k, который определяется по формуле (5):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}; \quad (5)$$

где α_1 и α_2 – значения коэффициентов теплоотдачи от горячего теплоносителя к стенке и от стенки к холодному, Вт/м^2 · К; δ – толщина стенки, м; λ – коэффициент теплопроводности материала стенки, Вт/м · К.

Из таблицы видно, что различные параметры качества в различной степени влияют на эксплуатационные характеристики ядерного реактора. Наибольшее влияние на эксплуатационные характеристики ядерного реакторы оказывают параметры: химический состав и структура материала; отсутствие дефектов (пор и трещин), геометрическая точность шва и качество электродов и присадочных материалов при сварке; шероховатость и волнистость поверхностей деталей; правильность установки и геометрическая точность при сборке.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что при изготовлении ядерных реакторов возникает необходимость получения готовых детали с прогнозируемыми эксплуатационными свойствами. В процессе исследования нами был определен комплекс критериев, который позволяет оценить качество готового изделия.

В результате проведенного анализа был сделан вывод, что основное внимание при изготовлении ядерного реактора нужно уделять параметрам:

- химический состав и структура материала;
- отсутствие дефектов (пор и трещин), геометрическая точность шва и качество электродов и присадочных материалов при сварке;
- шероховатость и волнистость поверхностей деталей;
- правильность установки и геометрическая точность при сборке.

Результаты исследования подчеркивают необходимость комплексного контроля качества на всех этапах производства.

Список литературы

1. Безъязычный, В. Ф. Возможные пути повышения качества изготовления изделий машиностроения / В. Ф. Безъязычный, В. В. Непомилуев // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2015. – № 1. – С. 17-20. – EDN THXENN.

2. Непомилуев, В. В. Индивидуальный подход к обеспечению качества ответственных изделий машиностроения при сборке / В. В. Непомилуев, А. Н. Семенов // Вестник РГАТА имени П. А. Соловьева. – 2017. – № 1(40). – С. 25-31. – EDN YOYBND.

3. Расулов, Н. М. Подход к оценке качества изготовления деталей в приборостроении / Н. М. Расулов, У. М. Надиров // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2019. – Т. 19, № 4. – С. 747-755. – DOI 10.17586/2226-1494-2019-19-4-747-755. – EDN YBVWCK.

4. Родионова, Е. Н. Обеспечение точности и качества поверхностей, обработанных резанием / Е. Н. Родионова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018. – № 1. – С. 92-101. – EDN YVPRQH.

5. Разработка методических рекомендаций повышения точности обработки изделий атомного машиностроения / В. Т. Саункин, В. В. Кривин, Н. Г. Григорьев, О. Е. Драка // Глобальная ядерная безопасность. – 2019. – № 2(31). – С. 39-46. – EDN NIIGIB.

6. Текешева, Ж. А. Повышение качества обеспечения безопасности на этапе изготовления технологического оборудования / Ж. А. Текешева // Аллея науки. – 2018. – Т. 5, № 5(21). – С. 506-511. – EDN XSPUMX.

7. Семенов, А. Н. Анализ производственных факторов, определяющих качество деталей в процессе механической обработки / А. Н. Семенов, А. Н. Киселева // Вестник РГАТА имени П. А. Соловьева. – 2015. – № 2(33). – С. 75-79. – EDN UCNVUD.

8. Волкова, М. Ю. Влияние качества обработки поверхности деталей на продление срока службы промышленных изделий / М. Ю. Волкова, Е. В. Егорычева // Современные проблемы теории машин. – 2014. – № 2. – С. 138-140. – EDN SHBFAN.

9. Демин, О. В. Механика: основы расчетов на статическую прочность элементов конструкций: учебное пособие / О. В. Демин, В. Е. Буланов; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов: Издательство Тамбовского государственного технического университета, 2009. – 95 с.; 21 см. – ISBN 978-5-8265-0855-8.ГОСТ 9.908-85. Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости.

10. ГОСТ Р 50.05.12-2018 Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Контроль радиационного охрупчивания корпуса реактора атомной станции.

Кучаева Е.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
lizakuchaeva00@gmail.com
Адылина А.П.
к.т.н, доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
dmitr1eva@mail.ru

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ В ОБЛАСТИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. Селективное лазерное плавление (SLM) – один из наиболее перспективных методов аддитивного производства, который активно применяется в аэрокосмической, медицинской, энергетической и автомобильной промышленности. Эта технология позволяет изготавливать сложные металлические детали с высокой точностью, включая легкие конструкции с внутренними полостями, оптимизированные под нагрузку, и неразборные узлы с уникальной геометрией, недостижимой при традиционном производстве. Для координации развития аддитивных технологий, решения технических вопросов и разработки стандартов в составе Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов (ВИАМ) был создан Технический комитет по стандартизации «Аддитивные технологии». Его ключевые задачи – формирование нормативной базы, совершенствование процессов 3D-печати. Благодаря этому SLM-технологии становятся более эффективными, открывая новые возможности для инновационного производства.

Ключевые слова: селективное лазерное плавление, аддитивные технологии, нормативные документы, 182 технический комитет.

Kuchaeva E.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
lizakuchaeva00@gmail.com
Adylina A.P.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
dmitr1eva@mail.ru

REGULATORY DOCUMENTS IN THE INDUSTRY OF ADDITIVE TECHNOLOGIES

Abstact. Selective laser melting (SLM) is one of the most promising additive manufacturing methods, which is actively used in the aerospace, medical, energy and automotive industries. This technology makes it possible to produce complex metal parts with high precision, including lightweight structures with internal cavities optimised for loading, and non-disassembled assemblies with unique geometries that are unattainable in traditional manufacturing. To coordinate the development of additive technologies, solve technical issues and develop standards, the Technical Committee for Standardisation ‘Additive Technologies’ was established within the All-Russian Research Institute of Aviation Materials (VIAM). Its key tasks are to form a regulatory framework and improve 3D printing processes. Thanks to this, SLM technologies are becoming more efficient, opening up new opportunities for innovative production.

Keywords: selective laser melting, additive technologies, normative documents, 182 technical committee.

В последние годы метод селективного лазерного плавления (SLM) получил широкое распространение в области аддитивного производства благодаря своей способности создавать сложные геометрические формы с высокой точностью. SLM-метод открывает новые возможности для проектирования и производства изделий из легированных сталей.

Новый подход, реализованный в технологии селективного лазерного плавления (далее – SLM), имеет ряд бесспорных преимуществ: он позволяет создавать изделия сколь угодно сложной пространственной конфигурации; даст принципиальную возможность синтеза градиентных по химическому составу деталей; не требует проведения трудоемких подготовительных операций, таких как конструирование и изготовления дорогостоящей оснастки.

Селективное лазерное сплавление (SLM) – это технология лазерного плавления металлического порошка по математическим CAD-моделям. С помощью SLM-печати создаются сложные металлические детали узлов и агрегатов, а также неразборные конструкции с изменяемой геометрией. Селективное лазерное плавление основано на принципе послойного расплавления сферических гранул металлического порошка посредством мощного лазерного излучения. Толщина слоя в данной технологии составляет, как правило, от 20 до 100 мкм. Построение изделий происходит в камере SLM – машины, заполненной газом, обычно аргоном или азотом. Отсутствие кислорода позволяет избежать окисления метала.

Для решения поставленных аддитивными технологиями задач, возникающих вопросов и руководства процессов, связанных с технологией 3D, было организовано специальное подразделение в структуре Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов: Технический комитет по стандартизации «Аддитивные технологии».

Решение о создании ТК принято национальным органом по стандартизации и утверждено приказом Федерального Агентства по техническому регулированию и метрологии (далее – Росстандарт) России от 01 сентября 2015 года № 1013. В дальнейшем приказом Росстандарта от 28 февраля 2018 года № 383 утверждена структура, состав ТК, область деятельности, назначены сопредседатели, заместители сопредседателей и ответственный секретарь ТК.

В соответствии с приказом № 383 за техническим комитетом закреплены объекты стандартизации, связанные с документацией по аддитивным технологиям (в части материалов и оборудования).

Непосредственно разработчиками стандартов (текстовая техническая наполненность) являются организации, по своей специализации соответствующие касаемой в стандартах сферы деятельности, например, ФГУП «ВИАМ», ВНИИНМАШ, АО «Наука и инновации» и другие.

Методическое руководство работой ТК 182 и контроль за его деятельностью осуществляет Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (РОССТАНДАРТ) через своего полномочного представителя в комитете.

На данный момент в рамках работы данного технического комитета утверждены и вступили в действие порядка 53 национальных стандартов.

Нормативные документы содержат в себе регламентирующую информацию в части:

1. Материалов для аддитивных технологических процессов, методы контроля и испытаний (ГОСТ Р 57556-2017)
2. Базовых принципов аддитивных технологических процессов (ГОСТ Р 57558-2017)
3. Требования к изделиям, полученным методом аддитивных технологий (ГОСТ Р 57586-2017)
4. Методы контроля и испытаний изделий (ГОСТ Р 57587-2017)
5. Классификация и виды дефектов изделий (ГОСТ Р 58418-2019)
6. Меры неразрушающего контроля, изготовленные методами аддитивных технологий (ГОСТ Р 58597-2019)
7. Общие требования к металлопорошковым композициям (ГОСТ Р 59035-2020)
8. Руководящие принципы конструирования металлических изделий (ГОСТ Р 59037-2020)
9. Подтверждение качества и свойств металлических изделий (ГОСТ Р 59038-2020)
10. Материалы для аддитивного строительного производства. Методы испытаний (ГОСТ Р 59096-2020) и так далее [3].

Об актуальности данного направления производства можно судить по распоряжению правительства Российской Федерации от 14.07.2021 №1913-р, в котором утверждена стратегия развития аддитивных технологий в РФ на период до 2030 года.

Стратегия направлена на создание конкурентоспособной отрасли аддитивных технологий на основе развития научно-технического и кадрового потенциала, оптимизации производственных мощностей, их модернизации и технического перевооружения, создания новых технологических направлений и технологий, освоения приоритетных промышленных аддитивных технологий, а также совершенствования нормативно-правовой базы для удовлетворения потребностей государства и иных заказчиков в современной продукции аддитивного производства [2].

Также в нормативном документе описаны этапы реализации данной стратегии и меры по управлению рисками.

Стандартизация – динамичный процесс, нормативная база постоянно меняется и развивается. В данный момент это происходит особенно активно, особенно в таких относительно молодых отраслях. Нормативные документы в области стандартизации играют важную роль в достижении упорядоченности в сферах производства и обращения продукции, а также в повышении конкурентоспособности товаров, работ или услуг.

Таким образом, изучение нормативных документов в области стандартизации помогает понять значимость этой деятельности и её влияние на различные аспекты.

Список литературы

1. ГОСТы в области аддитивных технологий. Подборка // URL: https://addtechno.ru/additivnye-gosty (дата обращения: 15.04.2025).

2. Распоряжение правительства Российской Федерации «Стратегия развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года» от 14.07.2021 № 1913-р // Официальный интернет-портал правовой информации. – 2021

3. Утвержденные стандарты // ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ URL: https://viam.ru/tk182/uproject (дата обращения: 15.04.2025).

Постникова Е.С.
к.т.н., доцент кафедры «Экономика и организация производства»,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Россия, Москва
postnikova.el@bmstu.ru
Яроцкая Н.А.
аспирант,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Россия, Москва
natali_yarockaya@mail.ru
Постников А.В.
студент,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Россия, Москва
pav23b035@Student.bmstu.ru

ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Аннотация. При изготовлении деталей обычно осуществляется контроль параметров формообразования: геометрических размеров, шероховатости поверхностей, погрешности

формы, и не учитывается, что в результате обработки могут изменяться свойства материалов и, как следствие этого, образовываться дефекты, негативно влияющие на эксплуатационные свойства изделия. В связи с этим предложено разрабатывать мероприятия по управлению качеством поверхностного слоя детали на этапе ее изготовления. Представлены результаты анализа факторов, вызывающих изменение свойств материалов при механической обработке. Предложен подход к совершенствованию организации контроля качества деталей на этапе обработки, заключающийся в введении дополнительных контрольных процедур оценки качества обработки на микроуровне; оценке состояния технологического оборудования на основе контроля качества поверхностного слоя детали, получаемого в процессе обработки, и своевременного принятия мер по ТОиР для выпуска продукции заданного уровня качества; а также разработке методов исследования, основанных на неразрушающем контроле в режиме реального времени (малой дискретности) состояния материалов в процессе изготовления из них деталей и в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: качество изделий, контроль качества, изменение свойств материалов, поверхностный слой детали, механическая обработка, организация контроля качества, дефекты.

Postnikova E.S.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Organization of Production
Bauman Moscow State Technical University
Russia, Moscow
postnikova.el@bmstu.ru
Yarotskaya N.A.
Postgraduate Student
Bauman Moscow State Technical University
Russia, Moscow
natali_yarockaya@mail.ru
Postnikov A.V.
Student
Bauman Moscow State Technical University
Russia, Moscow
pav23b035@Student.bmstu.ru

ORGANIZING QUALITY CONTROL OF PARTS IN THE PROCESS OF MECHANICAL PROCESSING

Abstact. During the manufacturing of parts, the control of form-generating parameters is typically carried out: geometric dimensions, surface roughness, form errors. However, it is not taken into account that the machining process may alter material properties, leading to the formation of defects that negatively affect the operational performance of the product. In this regard, it is proposed to develop measures for managing the quality of the part's surface layer during its manufacturing stage. The results of an analysis of factors causing changes in material properties during mechanical processing are presented. An approach to improving the organization of part quality control during processing is proposed, which includes: introducing additional inspection procedures to assess machining quality at the microlevel; evaluating the condition of technological equipment based on monitoring the quality of the part's surface layer obtained during processing, followed by timely maintenance and repair (M&R) measures to ensure the production of parts with the required quality level; developing research methods based on real-time (high-frequency) nondestructive testing of material conditions during part manufacturing and in-service operation.

Keywords: product quality, quality control, change in material properties, surface layer of a part, mechanical processing, quality control organization, defects.

Задача обеспечения качества изделий охватывают все стадии его жизненного цикла, все области разработки, производства и эксплуатации, начиная с проектирования и заканчивая его утилизацией. Эффективность и точность проектирования процессов являются ключом к обеспечению качества обработки [1, 2].

В ряде случаев несоответствие качества изделий требованиям выявляется на этапах испытаний или эксплуатации [3, 4]. Для решения данной проблемы требуется обеспечивать требуемый уровень качества изделий на основе контроля качества составляющих его деталей в процессе механической обработки, которая является основным методом формирования их поверхностей.

При изготовлении деталей обычно осуществляется контроль параметров формообразования: геометрических размеров [5], шероховатости поверхностей, погрешности формы, и не учитывается, что в результате обработки могут изменяться свойства материалов и, как следствие этого, образовываться дефекты, негативно влияющие на эксплуатационные свойства изделия [6].

Так большинство отказов механизмов связано с процессами, протекающими в поверхностных слоях взаимодействующих материалов [7 – 10]. Во время обработки детали также могут изменяться свойства материала в ее поверхностном слое, что в свою очередь может повлечь сокращение технического ресурса при эксплуатации [11].

Во-первых, поверхностные слои твердого тела наделены избытком энергии, так как молекулы и атомы, находящиеся у поверхности, имеют свободные связи, которые способствуют возникновению таких явлений, как поглощение (адсорбция), сцепление (когезия), прилипание (адгезия), смачивание и другие виды взаимодействия с веществами внешней среды, когда поверхностный слой приобретает своеобразное строение.

Во-вторых, поверхностный слой формируется в результате разнообразных технологических процессов, которые не только образуют необходимую форму поверхности и изменяют свойства материала в соответствии с проектными требованиями, но и вызывают ряд побочных явлений, изменяющих свойства твердого тела у его поверхности. Физико-химические параметры поверхностного слоя, его структура и напряженное состояние, как правило, сильно отличаются от свойств всего объема материала.

В-третьих, в процессе эксплуатации идет непрерывное изменение (трансформация) параметров поверхностного слоя в значительно большей степени, чем изменения, происходящие по всему объему тела.

В связи с этим целесообразно разработать мероприятия по управлению качеством поверхностного слоя детали. Комплексный подход к оценке и минимизации вероятности возникновения дефектов поверхностного слоя детали в процессе механической обработки требует теоретической проработки вопросов изменения микроструктуры материала на поверхности под влиянием различных факторов.

Анализ факторов, влияющих на качество деталей в процессе механической обработки

При разработке конструкции детали и планировании ее изготовления путем технологических операций механической обработки материалов инженеры обеспечивают соответствие конечных свойств детали заданным техническим требованиям, предусматривающим безотказную эксплуатацию изделия в течение определенного времени [12].

Для этого необходимо учитывать множество технологических и организационных факторов.

Режимы обработки, химический состав материала и его структурные особенности относятся к технологическим факторам, которые учитываются при разработке технологического процесса изготовления детали, уровень контроля качества поверхностного слоя детали и фактическое состояние технологической системы – к организационным факторам.

При выборе режимов резания учитываются их сбалансированное влияние на показатели производительности и качества обработки. Так для повышения производительности скорость резания, подачу и глубину резания стремятся увеличивать, однако эти режимы обработки могут по-разному воздействовать на структуру материала детали, износ инструмента и, как результат, на качество обработанной поверхности.

Например, увеличение скорости резания позволяет повысить качество обработанной поверхности за счет уменьшения величины шероховатости, однако при этом повышается температура в зоне резания. Это может привести к образованию дефектов поверхностного слоя, таких как термические трещины, пластические деформации, остаточные напряжения, неравномерное распределение твердости (причем, как по поверхности, так и по объему детали). В более критичном случае повышение температуры может вызвать и вовсе термическое разрушение детали или изменение микроструктуры ее материала (например, при слишком высоких скоростях можно наблюдать закаливание, что увеличивает твердость, но снижает пластичность детали).

Термодинамические аспекты изменения структуры обрабатываемого материала под воздействием температуры авторы [13] объясняют с позиций химической кинетики.

Повышение температуры в зоне обработки вызвано трением между инструментом и обрабатываемым материалом. Высокие скорости часто приводят к повышенному трению и, следовательно, к большему тепловому воздействию, что увеличивает скорость износа инструмента, изменение его геометрии и, соответственно, влияет на геометрию детали и точность обработки [14]. При разработке математической модели процесса точения авторы [14] учитывают влияние режимных условий процесса, теплопроводности обрабатываемого материала и инструмента на «геометрию детали».

Увеличение глубины резания также приводит к повышению нагрузки на инструмент, ускорению его износа и увеличению термического воздействия на материал. При значительной глубине резания может происходить локальное ухудшение механических свойств материала из-за перераспределения напряжений и создания трещин, кроме того, в результате работы на больших глубинах может наблюдаться усталостное разрушение.

Влияние подачи на качество обработки проявляется в результате возникающих вибраций. Быстрая подача приводит к большему количеству материала, снимаемого за единицу времени, увеличение подачи может вызвать повышенные вибрации, что отрицательно сказывается на точности обработки и погрешности формы детали. Кроме того, более быстрая подача увеличивает скорость, с которой инструмент контактирует с заготовкой, что ведет к росту температуры в зоне резания, и, соответственно, более интенсивному износу инструмента [15]. Это может повлечь за собой те же последствия, что и высокая скорость резания.

Химический состав материала и его структурные особенности могут в процессе механической обработки влиять на качество поверхностного слоя. Разные легирующие элементы могут по-разному реагировать на обработку. Например, наличие углерода может увеличить твердость, в то время как добавление никеля может повысить хрупкость.

Большое значение в обеспечении качества деталей играет контроль качества обработки. Он, как правило, предусматривает проверку соответствия размерных параметров, формы и шероховатости поверхности заданным значениям, но не отслеживает микродефекты, образуемые в процессе обработки материала под воздействием различных факторов. При этом, неправильная настройка оборудования, ошибки в технологии могут привести к негативному изменению свойств материала, например, к появлению трещин или нестабильной структуры. На качество поверхностного слоя обрабатываемых поверхностей детали также влияют уровень вибраций и температура в зоне обработки, которые зависят от фактического состояния технологической системы в части износа оборудования и инструмента.

Предложения по совершенствованию организации контроля качества деталей

В существующих системах контроля качества предусмотрены входной контроль материалов, контроль в процессе обработки и выходной контроль. Однако, несмотря на изобилие контрольных процедур, при проверке качества готовой продукции может быть обнаружен брак – несоответствие полученных параметров изделия заданным.

Если в процессе испытаний изделия обнаружено несоответствие заданному качеству, проводят анализ причин, по которым могло возникнуть отклонение, и выявляют бракованные детали в составе изделия. Чтобы в дальнейшем снизить технологические потери, необходимо определить причины появления брака. Одной из основных причин появления брака

можно считать фактическое состояние оборудования, которое не обеспечивает заданного качества обработки.

В связи с этим необходимо изменить целеполагание при планировании работ по техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР) средств производства: обеспечение работоспособности оборудования – не самоцель, основная цель – обеспечение заданного качества обработки, на основе результатов его контроля следует делать выводы о состоянии оборудования (работоспособное / неработоспособное) и планировать работы по своевременному выполнению ТОиР.

На современном этапе тенденции развития производства в области управления качеством продукции определяются организацией контроля качества деталей на микроуровне, что требует введения дополнительных контрольных процедур оценки качества обработки на микроуровне.

В практике машиностроения не известно наличие методов контроля состояния материалов обрабатываемых деталей непосредственно в технологическом процессе. Косвенно изменение состояния и свойств обрабатываемых материалов можно оценить, например, по изменению температуры в зоне обработки, или изменению параметров вибрации. Однако, данные методы, дают возможность оценить качественно, что происходят изменения, но не дают количественных оценок этих изменений.

Разработка методов исследования, основанных на неразрушающем контроле в режиме реального времени (малой дискретности) состояния материалов в процессе изготовления из них деталей, а также в процессе эксплуатации (особенно для деталей узлов трения), является актуальной задачей.

В этом случае для обеспечения качества изготавливаемых деталей актуальной можно считать обратную задачу оценки состояния технологического оборудования на основе контроля качества поверхностного слоя детали, получаемого в процессе обработки, и своевременного принятия мер по ТОиР для выпуска продукции заданного уровня качества.

Список литературы

1. Ключевые технологии проектирования процесса механической обработки: обзор. / Х. Вэнь, Дж. Лю, К. Ду [и др.] // Int J Adv Manufacturing Technol 120, 2903-2921 (2022).

2. Assessing the efficiency of technological systems / M.E. Stavrovskii, M.I. Sidorov, A.V. Ragutkin [и др.] // Russian Engineering Research. 2021. Т. 41. № 5. С. 428-433.

3. Исследование и обеспечение применения эффективных технологий / М.И. Сидоров, Д.О. Скобелев, М.Е. Ставровский [и др.]: Монография.– М.: «Эко-Пресс», 2020. – 232 с.

4. Смелов В.Ю., Копеев А.Н., Хунузиди Е.И., Шпер В.Л. Особенности испытания продукции в рамках оценки соответствия техническим регламентам евразийского экономического союза (техническим регламентам таможенного союза) / В.Ю. Смелов, А.Н. Копеев, Е.И. Хунузиди [и др.] // Контроль качества продукции. 2024. № 6. С. 22-27.

5. Бояринов Б.В. Повышение качества контроля геометрических характеристик листового проката на стане 2800 / Б.В. Бояринов, Д.Е. Леонов, М.О. Подусовская // Технологии металлургии, машиностроения и материалообработки. 2024. № 23. С. 84-88.

6. Some aspects of the generalized energy approach to the processes of destruction of materials / M.I. Sidorov, M.E. Stavrovsky, I.N. Kravchenko [etc.] // Polymer Science, Series D. 2023. Т. 16. № 4. С. 984-988.

7. Энергия активации в задачах о скорости реакции в трибохимической кинетике / А.В. Рагуткин, М.Е. Ставровский, А.Ю. Албагачиев [и др.] // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2024. № S4. С. 64-71.

8. Влияние винтовой прокатки на структуру и механические свойства титановых сплавов / В.А. Андреев, С.О. Рогачев, Б.А. Романцев [и др.] // Деформация и разрушение материалов. 2023. № 11. С. 22-32.

9. Котенева М.В. Влияние дефектности и микроструктуры оксидных пленок циркониевых сплавов на их разрушение при нагружении / М.В. Котенева, С.А. Никулин, В.Ю. Турилина // Деформация и разрушение материалов. 2023. № S3. С. 13-19.

10. Влияние пористости сплавов на феноменологию образования дефектов и разрушение материалов деталей / А.В. Рагуткин, М.Е. Ставровский, И.М. Сидоров [и др.] // Технология металлов. 2024. № 11. С. 22-28.

11. Гневашев Д.А. Исследование зависимости шероховатости поверхности изделий, получаемых методом FDM / FFF-печати и ее влияние на текучесть металлопорошковых композиций / Д.А. Гневашев, Д.Ю. Петрищев // Технология металлов. 2025. № 2. С. 15-26.

12. Исследование влияния технологических режимов термосверления отверстий в изделиях из труднодеформируемых материалов на износ инструмента / Д.М. Забельян, И.А. Бурлаков, Д.Э. Гордин [и др.] // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2020. № 1. С. 83-90.

13. Estimation of the reaction rate in models of processes and products / A.V. Ragutkin, M.E.Stavrovskii, I.N. Kravchenko [etc] // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2024. Т. 53. № S2. С. S156-S164.

14. Концепция создания системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения / С.И. Пестрецов, К.А. Алтунин, М.В. Соколов [и др.]. М.: Издательский дом «Спектр», 2012. – 212 с.

15. Кузнецов В.А. Методология оптимизации способа механического воздействия на обрабатываемый материал и расчета его основных параметров / В.А. Кузнецов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2018. № 3. С. 33-37.

Даниелян А.Г.
аспирант,
НИУ ВШЭ,
Россия, Москва
agdanielyan@hse.ru
Дименштейн А.П.
студент,
НИУ ВШЭ,
Россия, Москва
Кнатько Д.М.
к.э.н., доцент Высшей школы бизнеса,
НИУ ВШЭ,
Россия, Москва

КОРПОРАТИВНЫЕ АКСЕЛЕРАТОРЫ В РОССИИ: АДАПТАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ МОДЕЛЕЙ К ЛОКАЛЬНОМУ КОНТЕКСТУ

Аннотация. Выявлены основные модели акселераторов, включая корпоративный венчуринг, бизнес-инкубаторы, классические акселераторы и платформенные подходы. Определены ключевые факторы успеха, такие как поддержка высшего руководства, интеграция программ в бизнес-процессы, адекватное финансирование и доступ к экспертным ресурсам. Обнаружены различия между моделями акселерации, активно используемыми в российском контексте. Определены основные барьеры внедрения, такие как жесткая корпоративная культура и неразвитость инновационной экосистемы.

Ключевые слова: корпоративные акселераторы, модели акселераторов, российские компании, стартапы, внедрение инноваций.

Danielyan A.G.
Postgraduate Student
HSE University
Russia, Moscow
agdanielyan@hse.ru
Dimenshtein A.P.
Student
HSE University
Russia, Moscow
Knatko D.M.
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor Higher School of Business
HSE University
Russia, Moscow

CORPORATE ACCELERATORS IN RUSSIA: ADAPTATION OF INTERNATIONAL MODELS TO THE LOCAL CONTEXT

Abstact. The main models of accelerators were identified, including corporate venture capital, business incubators, classical accelerators and platform approaches. Key success factors have been identified, such as senior management support, integration of programmes into business processes, adequate funding and access to expert resources. Differences were found between models of acceleration, actively used in the Russian context. The main barriers to implementation were identified, such as a rigid corporate culture and an underdeveloped innovation ecosystem.

Keywords: Corporate accelerators, accelerator models, Russian companies, start-ups, innovation implementation.

Корпоративные акселераторы становятся все более значимым инструментом для стимулирования инновационной активности и повышения конкурентоспособности компаний. Они выступают связующим звеном между крупными корпорациями и стартапами, предоставляя возможности для тестирования и внедрения новых продуктов и технологий. В международной практике корпоративные акселераторы доказали свою эффективность как механизм, способствующий открытым инновациям и поддерживающий трансфер знаний между участниками экосистемы (Zahra et al., 2020; Chesbrough, 2003; Kohler, 2016). Однако, несмотря на обширное количество исследований и успешные кейсы в развитых экономиках, функционирование акселераторов в российском контексте остается недостаточно изученным. Российская институциональная среда, культурные особенности и экономические реалии создают уникальные вызовы и требуют адаптации международных практик к национальным условиям.

Важность исследования корпоративных акселераторов в России обусловлена их способностью укреплять позиции компаний на рынке, способствовать созданию новых бизнес-моделей и ускорять процессы цифровой трансформации. В то же время недостаток эмпирических данных и систематического анализа существующих моделей ограничивает возможности для масштабирования и повышения их эффективности. Таким образом, возникает необходимость детального изучения существующих подходов к реализации корпоративных акселераторов в России и выявления факторов, влияющих на их успешность.

Теоретические основы и гипотезы исследования

Исследование опирается на несколько ключевых теоретических направлений, включая концепцию корпоративного предпринимательства, теорию открытых инноваций и подходы организационной теории. Корпоративное предпринимательство (Zahra, 1991; Urbano et al., 2021) рассматривается как способность компании инициировать и управлять инновационными процессами, что включает в себя внедрение новых технологий, развитие продуктов и создание инновационных структур. Корпоративные акселераторы в данном контексте выступают инструментом, который не только стимулирует внутренние процессы компании, но и интегрирует внешние ресурсы для достижения стратегических целей.

Концепция открытых инноваций (Chesbrough, 2003; Weiblen & Chesbrough, 2015) дополняет это понимание, подчеркивая необходимость взаимодействия между организациями и их внешней средой. Корпоративные акселераторы служат механизмом привлечения внешних идей, знаний и технологий, обеспечивая компании доступ к инновационным решениям, которые могут быть недоступны через традиционные внутренние каналы. Это делает акселераторы важным элементом в экосистемах, включающих университеты, стартапы и венчурные фонды. Примером успешного использования такой модели является синергия между крупными корпорациями и стартапами в международной практике (Judge et al., 2015; Shirokova et al., 2021).

Организационная теория и теория ресурсной зависимости (Pfeffer & Salancik, 1978) дают дополнительное объяснение мотивации компаний к созданию акселераторов. В условиях нестабильного рынка и ограниченности ресурсов компании стремятся к снижению зависимости от внешних поставщиков инноваций, развивая собственные компетенции через интеграцию акселерационных программ. Исследования Kohler (2016), Wright et al. (2021) и Smolka et al. (2016) показывают, что акселераторы способны создавать долгосрочную ценность для компаний, помогая им лучше адаптироваться к изменяющимся рыночным условиям.

Особенности российского контекста, включая высокий уровень бюрократизации, ограниченный доступ к финансированию и недостаток развитой экосистемы стартапов, создают дополнительные барьеры для эффективного функционирования акселераторов. В отличие от стран, где акцент делается на прозрачных процедурах и сильной поддержке стартапов, российская среда требует большей гибкости и адаптивности. Тем не менее, успешная адаптация международных моде лей возможна при учете локальных факторов и использовании гибридных подходов (Turro et al., 2016; Shirokova et al., 2021).

Основным вопросом данного исследования является: как международные модели корпоративных акселераторов могут быть адаптированы к российскому контексту, и какие факторы определяют их успешность? Ответ на этот вопрос позволяет раскрыть специфику функционирования акселераторов в России и предложить рекомендации по их дальнейшим исследованиям.

Методология исследования

Эмпирическая часть исследования основывалась на использовании кейс-метода как основного инструмента изучения применяемых моделей корпоративных акселераторов. Согласно Yin (2003) и Eisenhardt (1989), кейс-метод позволяет детально изучить сложные явления в их реальном контексте, что особенно важно для анализа моделей акселерации, функционирующих в уникальных институциональных условиях России. Для сбора данных использовались несколько источников: годовые отчеты компаний, стратегические документы, пресс-релизы и официальные веб-сайты. Основной выборкой стали 50 крупнейших российских компаний из рейтинга «Эксперт-400». Для углубления анализа были проведены полуструктурированные интервью с представителями компаний, включающих руководителей акселераторов, стартапов и экспертов в области инноваций. Эти интервью помогли выявить особенности реализации акселерационных программ и их адаптации к локальному контексту. Контент-анализ данных был проведен для систематизации и выявления ключевых факторов успешности акселераторов. В качестве классификационной основы использовались модели Weiblen & Chesbrough (2015), что позволило выделить три основные категории акселераторов: интеграционные, гибридные и открытые.

Результаты эмпирического анализа

Результаты исследования позволили выделить три основные модели корпоративных акселераторов, применяемых в российских компаниях: интеграционные, гибридные и открытые. Интеграционные модели основываются на использовании внутренних ресурсов компании для реализации инновационных проектов. Гибридные модели предполагают сочетание внутренних и внешних ресурсов, что позволяет компаниям адаптироваться к динамичным условиям рынка. Открытые модели направлены на привлечение внешних стартапов и использование их идей для решения текущих бизнес-задач компании.

Эмпирические данные также позволили выявить возможные ключевые факторы, влияющие на эффективность акселераторов. Среди них удалось отметить компетенции управленческих команд, наличие институциональной поддержки, таких как гранты и налоговые льготы, а также качество партнерских связей с внешними организациями. Установлено, что гибридные модели показывают наибольший потенциал для российских компаний благодаря их гибкости и способности учитывать специфические условия рынка.

Обсуждение и результаты

Анализ данных показал, что успешная адаптация международных моделей акселераторов к российским реалиям требует учета культурных и институциональных особенностей. Высокая бюрократизация и ограниченность доступа к инвестициям затрудняют реализацию некоторых моделей, однако гибридный подход, сочетающий внутренние ресурсы компании и внешние партнерства, демонстрирует высокую эффективность в российском контексте. Эти выводы подтверждают необходимость дальнейшего изучения специфики корпоративных акселераторов в России.

На основании проведенного исследования предложены следующие рекомендации: усиление государственной поддержки акселерационных программ, создание обучающих программ для менеджеров, развитие партнерских экосистем и адаптация международных моделей акселерации к российскому контексту. Эти меры позволят повысить эффективность акселераторов и их вклад в инновационное развитие российских компаний.

Список литературы

1. Постников А., Гуляева Е. Инновационные модели корпоративного предпринимательства: проблемы и перспективы. – М.: Наука, 2019. – 312 с.

2. Иванов И. И. Корпоративное предпринимательство: теория и практика. – М.: Экономика, 2018. – 256 с.

3. Сидоров П. П. Управление инновационными проектами в условиях глобальной конкуренции. – СПб.: Питер, 2017. – 320 с.

4. Петров А. А. Стратегии развития корпоративных акселераторов. – М.: Инфра-М, 2020. – 280 с.

5. Chesbrough H. Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology / H. Chesbrough. – Boston: Harvard Business School Press, 2003. – 256 p.

6. Chesbrough H. Open Business Models: How to Thrive in the New Innovation Landscape / H. Chesbrough. – Boston: Harvard Business School Press, 2006. – 240 p.

7. GenerationS. Отчёт о развитии корпоративных акселераторов в России. – М.: GenerationS, 2023. – 88 с.

8. Kohler T. Corporate Accelerators: Models and Best Practices / T. Kohler. – Journal of Business Innovation, 2016, № 3, pp. 45–59.

9. Weiblen T., Chesbrough H. Engaging with Startups to Enhance Corporate Innovation / T. Weiblen, H. Chesbrough // California Management Review. – 2015, № 2, pp. 100–123.

10. Judge W. Q., et al. Factors Influencing Corporate Entrepreneurship / W. Q. Judge et al. – Journal of Business Venturing, 2015, № 1, pp. 78–95.

11. Turro A., et al. The Role of National Culture in Corporate Entrepreneurship / A. Turro et al. – International Journal of Innovation Management, 2016, № 4, pp. 210–230.

Архипов П.Ю.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
89686076088@mail.ru

ИНТЕГРАЦИЯ МЕТОДОВ AGILE И SCRUM В ИТЕРАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. Рассмотрены понятия подхода Agile, методики Scrum, итерационного процесса, установлены взаимосвязи между Agile, Scrum и итерационным процессом, определены преимущества управления качеством продукции с учетом использования Agile и Scrum в итерационном процессе, разработана концепция управления качеством инновационной продукции на основе интеграции Agile и Scrum в итерационный процесс.

Ключевые слова: Agile, Scrum, итерационный процесс, управление качеством, инновационная продукция.

Arkhipov P.Yu.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
89686076088@mail.ru

INTEGRATION OF AGILE AND SCRUM METHODS INTO THE ITERATIVE PROCESS FOR QUALITY MANAGEMENT OF INNOVATIVE PRODUCTS

Abstact. The concepts of Agile approach, Scrum methodology, iterative process are considered, interrelations between Agile, Scrum and iterative process are established, the advantages of product quality management are determined considering the use of Agile and Scrum in the iterative process, the concept of quality management of innovative products based on the integration of Agile and Scrum in the iterative process is developed.

Keywords: Agile, Scrum, iterative process, quality management, innovative products.

Современные рынки испытывают на себе влияние множества факторов таких как экономическая турбулентность, глобальная цифровая трансформация, политическая обстановка, экологические факторы и т. д., что обуславливает внедрение эффективных методов управления проектами и процессами разработки. Создание инновационного продукта представляет собой трудоемкий и длительный процесс, связанный с финансовыми, маркетинговыми, конкурентными рисками, а также рисками выбора ошибочного проекта. Инновационные продукты должны соответствовать требованиям технических стандартов, а также своевременно реагировать на изменения, происходящие во внешней и во внутренней среде, приспосабливаясь к новым условиям. Высокий уровень качества и удовлетворение потребностей клиентов может обеспечить итерационный процесс совместно с использованием методов Agile и Scrum.

Подход Agile появился в 2001 году в США благодаря созданию «Manifesto for Agile Software Development» семнадцатью независимыми инженерами-программистами для установления основополагающих ценностей гибкой разработки программного обеспечения (ПО), которые представлены на рисунке 1 [1]. На современном этапе Agile широко применяется не только в разработке ПО, но и в таких областях как управление проектами, финансы, маркетинг, производство, разработка аппаратного обеспечения, логистика и другие. Agile применяется в таких компаниях как Amazon, Apple, Google, Netflix, Uber, в российских компаниях наиболее распространена методика на основе Agile – Scrum, ее используют 54% организаций [2, с.123].

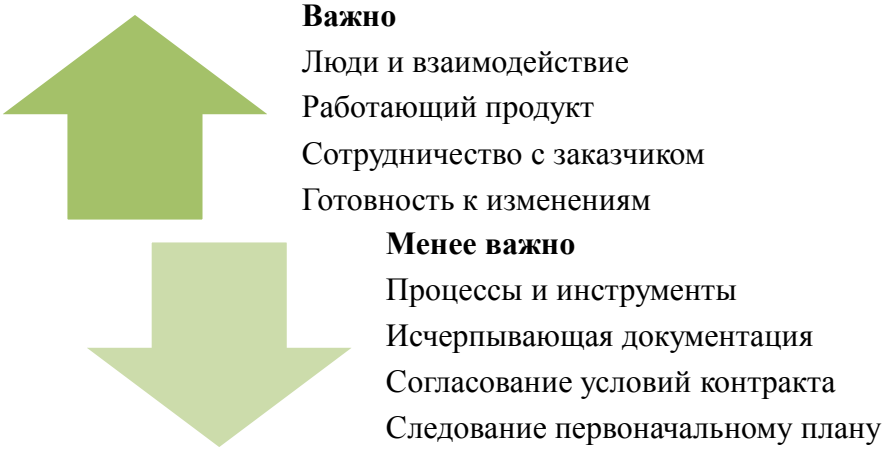


Рис. 1. Ценности Agile-манифеста

Следует подчеркнуть, что Agile подход не заменяет собой традиционный подход, он акцентирует внимание на значимости правильной расстановки приоритетов в действиях и процессах. Agile-манифест не содержит практических рекомендаций и не предлагает совершение конкретных действий, его основной смысл заключается в предложении ключевых идей для создания различных методов. Ценности Agile прежде всего направлены на выработку стратегий управления проектами, следуя здравому смыслу [3, с. 128]. Agile подход или гибкий подход – это метод выполнения проекта, позволяющий вносить изменения и корректировки в ходе выполнения проекта исходя из предварительных результатов [4, с. 152].

Выделяют несколько главных различий между традиционным и Agile проектом: во-первых, для традиционного проекта характерно установление строгого регламента, точное следование порядку, в Agile проекте в план можно вносить изменения, результат не определён; во-вторых, традиционный проект трудновыполним с технической точки зрения, его реализация требует больших расходов, Agile проект допускает внесение изменений в процессе реализации продукта и минимальные расходы; в-третьих, в традиционном проекте сдача продукта может быть выполнена только в окончательном варианте, в Agile проект является приемлемым разделение на составляющие и поэтапная передача продукта; в-четвертых, традиционный проект для реализации требует стабильную внешнюю и внутреннюю среду, Agile проект может быть выполнен в изменчивой среде, путем адаптации к ней; в-пятых, в традиционном проекте требования заинтересованных сторон заранее определены, их в дальнейшем они не оказывают влияние на проект, в Agile проекте требования заинтересованных сторон не окончательно определены, они могут изменяться по ходу проекта, что определяет высокий уровень влияния заинтересованных сторон [5, с. 79].

Scrum является методологией, реализующей ценности Agile, методология Scrum представляет собой совокупность базовых компонентов и принципов для выполнения проектирования, в аспекте создания креативного продукта с уникальными характеристиками, решения экстраординарных задач в ходе разработки [6, с. 70; 7, с. 389]. Scrum – это методология, которая позволяет группам разнопрофильных специалистов организовывать командный целенаправленный рабочий процесс, с учетом задействования прошлого позитивного и негативного опыта и установкой на саморазвитие [8, с. 36]. Теория эмпирического контроля служит фундаментом для возникновения методологии Scrum, она подразумевает, что опыт устанавливает направление к знаниям, а реальные данные – это ключ к решению. Методология Scrum обладает полной непредсказуемостью результатов, поэтому для снижения рисков и повышения эффективности управления совместно с ней применяются итеративный и инкрементальный подходы. Главная концепция Scrum основана на принципах адаптации, открытости и контроля:

- принцип адаптации – означает, что команда, работающая над продуктом, должна своевременно реагировать на отклонения во внутренней и внешней среде и оперативно вносить изменение в продукт, для предупреждения отклонений в будущем;

- принцип открытости – подразумевает доступность и прозрачность информации для всех заинтересованных лиц причастных к созданию продукта, включая достижения, проблемы, степень готовности конкретного этапа работы или выполнения задачи, с целью формирования доверительных отношений в команде и общего понимания прогресса проекта;

- принцип контроля – направлен на стимулирование развития проекта, в частности на актуализацию информации относительно нежелательных отклонений, при этом регулярность проведения проверок не должна препятствовать непосредственному выполнению проекта. Уточняется, что проверки обладают полезным действием в случае, когда они осуществляются специалистами с необходимыми компетенциями [9, с. 113; 6, с. 70].

Итерационный процесс – это процесс разработки продукта, состоящий из этапов, в ходе которых команда последовательно переходит от одного этапа к другому, улучшая качество продукта, благодаря получению обратной связи от пользователей и внесению корректировок на основе приобретенного опыта и адаптации к рыночным условиям. Запуск процесса происходит с получения и обработки данных касательно предпочтений клиентов и состояния рынка. После проведения анализа информации команда выстраивает основные гипотезы по продукту, которые в дальнейшем проверяются на практике. По результатам проверки гипотез в продукт вносятся изменения в соответствии с выявленными требованиями клиентов и рыночной ситуацией, при этом план развития продукта также подвергается адаптации. Итерационный процесс включает в себя два направления развития с одной стороны продукт развивается от идеи, создания прототипа, заканчивая продуктом массового производства, с другой стороны продукт развивается в соответствии с потребностями клиентов и условиями рынка [10, с. 403]. Итерационный процесс разработки инновационного продукта хорошо сочетается с целями Agile и методологией Scrum, поскольку такой подход обеспечивает непрерывное совершенствование продукта с учетом факторов гибкости и адаптивности к меняющимся запросам рынка. Подход Agile, методология Scrum и итерационный процесс оказывают значительное влияние на управление качеством продукции.

Интеграция методов Agile и Scrum в итерационный процесс для управления качеством помогает создать оптимальные условия для разработки инновационной продукции за счет обеспечения гибкости, адаптивности, возможности постоянного совершенствования продукта, поддержания открытой коммуникации между участниками проекта побуждения к рабочей деятельности.

Управление качеством необходимо осуществлять для повышения конкурентоспособности инновационной продукции, снижения издержек производства, соответствия нормативам стандартов и требованиям клиентов, укрепления репутации. На рисунке 2 представлена концепция управления качеством инновационной продукции с учетом применения интеграционного процесса, подхода Agile и методологии Scrum.

Благодаря представленной концепции может быть достигнуто существенное повышение уровня качества инновационной продукции за счет: улучшения коммуникации между сотрудниками, обладающими различными профессиональными навыками для выполнения конкретного проекта; сокращения сроков создания рабочего продукта и его тестирования и выявления недостатков на ранних этапах разработки, а также быстрой обратной связи по продукту; быстрой адаптации к рынку и требований клиентов, из-за которых не происходит устаревания продукции, продукция всегда остается актуальной; правильной расстановки приоритетов, которая позволяет команде направить свои усилия на более важные аспекты разработки продукта; регулярных встреч команды, которые позволяют сократить сроки разработки продукта, выявить недостатки продукта на ранних этапах, повысить мотивацию, доверие, объединить команду; определения ключевых показателей эффективности позволит следить за успехами проекта; фокусирования на качестве инновационного продукта на ранних этапах проекта; вовлечения клиентов в процесс разработки, которое помогает понять потребности клиента и создать продукт, соответствующий запросам и ожиданиям клиентов.



Рис. 2. Концепция управления качеством инновационной продукции

Список литературы

1. Beck K., Manifesto for Agile Software Development / K. Beck, M. Beedle, A. v. Bennekum [и др.] // Agile Manifesto [сайт]: agilemanifesto.org – 2024. – URL: https://clck.ru/3AmavA (дата обращения: 06.06.2024)

2. Васильева, А. Д. Технология управления проектами на основе методологии AGILE / А. Д. Васильева, А. Буторин, Л. Котегова // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2021. – № 1-2. – С. 118-124.

3. Архипова Л. И., Принципы Agile в цифровой трансформации бизнеса / Л. И. Архипова, Л. Ф. Медведева // Научные труды Республиканского института высшей школы. Философско-гуманитарные науки. – 2021. – № 20-2. – С. 126-138.

4. Плетнева А. В., Устойчивое проектное управление как инструмент повышения экономического эффекта от технологических инноваций / А. В. Плетнева, Э. А. Насырова, А. Н. Аксенов, Е. А. Халимон // Вестник университета. – 2021. – № 7. – С. 151-158.

5. Масловский В. П., Теоретические предпосылки и принципы гибких методов управления проектами / В. П. Масловский, А. А. Озерова // Социально-экономический и гуманитарный журнал. – 2020. – № 1(15). – С. 68-83.

6. Чаусов Н. Ю., Применение методологии Scrum в IT-менеджменте / Н. Ю. Чаусов, К. А. Дроздов // Modern Economy Success. – 2021. – № 5. – С. 69-74.

7. Попова А. П., К вопросу о выборе методологий разработки для обеспечения качества it-проектов / А. П. Попова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова. – 2023. – С. 388-394.

8. Близнюк, А. М. Методология Scrum как инструмент управления / А. М. Близнюк // Perspective research and development. – 2021. – С. 35-39.

9. Сальникова Н. А., Обзор методологии Scrum и системы RedMine / Н. А. Сальникова // Социально-экономические проблемы и перспективы развития трудовых отношений в инновационной экономике – 2021. – С. 112-117.

10. Филиппова, Я. П. Итерационный процесс разработки инновационного продукт / Я. П. Филиппова // Актуальные проблемы науки: взгляд студентов. – 2022. – С. 403-405.

Архипов П.Ю.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
89686076088@mail.ru
Левина Т.А.
к.э.н., заведующий кафедрой «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
t.a.levina@mospolytech.ru
Одиноков С.А.
д.т.н., профессор кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
odinokovs@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ПРОЕКТАХ СОЗДАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ДЕТСКИХ СПОРТИВНО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Аннотация. В статье рассматривается технология управления качеством проекта инновационных детских спортивно-развлекательных комплексов с акцентом на сферу деятельности веревочных парков. Проводится анализ ГОСТ Р 56086-2016 «Безопасность веревочных парков». Приводится пример каскадной модели управления проектом и предлагается пример модернизированной (гибридной) модели управления.

Ключевые слова: управление проектами, система менеджмента качества, трансформация объекта, Agile, постоянное улучшение, принципы менеджмента качества, обратная связь.

Arkhipov P.Yu.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
89686076088@mail.ru
Levina T.A.
Candidate of Economic Sciences, Head of the Department «Standardization, Metrology and Certification»
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
t.a.levina@mospolytech.ru
Odinokov S.A.
Doctor of Technical Sciences, Professor of Department «Standardization, Metrology and Certification»
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
odinokovs@mail.ru

QUALITY MANAGEMENT TECHNOLOGY IN PROJECTS FOR CREATING INNOVATIVE CHILDREN'S SPORTS AND ENTERTAINMENT COMPLEXES

Abstact. The article examines the technology of quality management of the project of innovative children's sports and entertainment complexes with an emphasis on the scope of rope parks. An analysis of GOST R 56086-2016 «Safety of rope parks» is carried out. An example of a cascade project management model is given and an example of a modernized (hybrid) management model is proposed.

Keywords: project management, quality management system, object transformation, Agile, continuous improvement, quality management principles, feedback.

Управление качеством проекта сейчас является одним из важнейших факторов успешной его реализации. Есть множество разных подходов к управлению качеством, где каждый подход имеет разную применимость в зависимости от специфики проекта. В данной статье рассматривается технология управления качеством в проектах создания инновационных детских спортивно-развлекательных комплексов**.** В эпоху активного развития городской инфраструктуры и современных технологий, позволяющим людям получать все необходимое из дома, все актуальнее становится вопрос создание зеленых территорий и площадок для активного отдыха горожан. В документе о молодежной политике страны сказано следующее: «Создание благоприятных условий для профессионального развития, научной и творческой деятельности, личного роста молодых людей, формирование ценностей семейной культуры и здорового и активного образа жизни, поощрение молодёжных добровольческих инициатив». В последнее время все активнее продвигается идея о том, что новое поколение страдает от компьютерной и телефонной зависимостей. Согласно последним исследованиям больше 30% школьников признались, что тратят на телефон или компьютерные игры больше 8 часов в день. Государство и другие большие компании уже сейчас тратят огромные деньги для того, чтобы заинтересовать новое поколение. И если сейчас на рынок инвестиций выходит проект, способный оторвать детей и родителей от их телефонов, он тут же вызывает огромный интерес. Но не стоит забывать, что помимо внимания инвесторов, для привлечения молодежной аудитории проект так же должен быть реализован с учетом требований этой самой аудитории. В последнее время все большую популярность среди детских спортивно-развлекательных комплексов набирают веревочные парки. Это относительно новое направление, которое позволяет новому поколению почувствовать себя настоящим альпинистом, но в комфортной и безопасной атмосфере.

Управление качеством проекта разработки веревочного парка.

Данная сфера деятельности появилась в России не так давно и уже существует стандарт, который регламентируют деятельность веревочных парков, это действительно делает работу с объектами гораздо проще. ГОСТ Р 56986-2016 «Безопасность веревочных парков» регламентирует требования по безопасности при проектировании, монтаже и эксплуатации веревочных парков. Но помимо показателей качества в сфере безопасности объекта существуют требования потребителя и заказчика, которые так же необходимо соблюдать для сохранения конкурентоспособности продукции. Из наиболее распространенных показателей качества в детских спортивно-развлекательных комплексах можно выделить следующие: показатели безопасности, эргономические показатели, эстетические показатели, функциональные показатели, показатели надежности, технологические показатели, экономические показатели. И если показатели безопасности регламентируются Гост Р 56086-2016 «безопасность веревочных парков», то всеми остальными показателями нам необходимо управлять самостоятельно, без помощи национальных стандартов. Для грамотной реализации проекта с учетом требований заказчиков и потребителей в большинстве случаев, используется каскадная модель (Рис. 1).

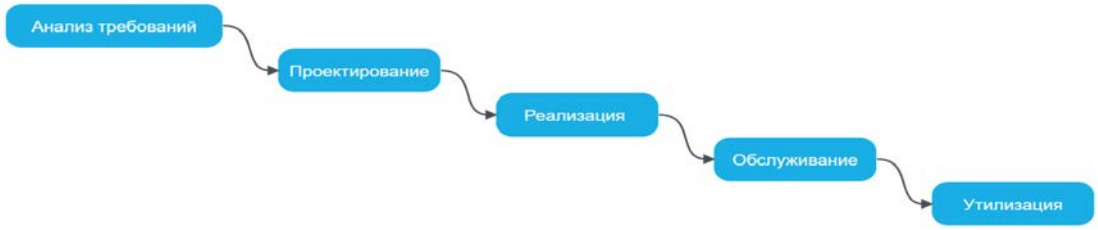


Рис. 1. Каскадная модель управления проектом разработки и реализации веревочного парка

На этапе проектирования, управление качеством подразумевает разработку стандартов и критериев для всех аспектов проекта, начиная с дизайнерских решений и заканчивая материалами, которые будут использованы при строительстве объекта. В таком случае управление качеством помогает команде минимизировать риски. Но не стоит забывать, что на этапе проектирования, помимо технических характеристик, также стоит уделять внимание и другим важным характеристикам объекта. Такими характеристиками могут быть: безопасность, функциональность, эстетичность и так далее [1].

На этапе строительства (реализации) роль управления качеством проекта заключается в обеспечении соответствия выполняемых работ проектной документации, а также действующим стандартам и другим нормативным документам. Для проверки на соответствие выполняемых работ проектной документации используют регулярные проверки и аудиты, для выявления отклонений на ранних стадиях, что помогает оперативно среагировать и устранить проблему.

Помимо этого, управление качеством в спортивно-развлекательных комплексах должно подразумевать под собой сбор обратной связи от пользователей для адаптации проекта под реальные требования рынка. Основной минус данной модели в том, что на практике она не охватывает все этапы жизненного цикла продукции, а производитель считает проект завершенным на этапе сдачи его в эксплуатацию. В современных реалиях целесообразно было бы использовать методологию Agile, которая получила широкое применение в IT-сфере, благодаря своей гибкости и акцентом на итеративные и инкрементные варианты развития продукта [2]. Но, несмотря на распространенность методологии в IT-сфере, сразу перейти на методологию Agile будет проблематично, так как методология еще достаточно сырая. В таком случае целесообразным будет использование каскадной модели для устоявшихся процессов до передачи объекта в эксплуатацию, и использование методологии Agile для постоянного улучшения объекта после его сдачи [3]. То есть в конце каждого цикла появляется возможность брать обратную связь от заказчика на основе цифр и статистики объекта и полностью трансформировать его на основе интересов и предпочтений посетителей. Таким образом, заказчик получает объект с возможностью его полной трансформации под нужды определен-

ного цикла деятельности. Процесс улучшения объекта не заканчивается никогда, что делает модель цикличной и после каждого цикла идет трансформация объекта с учетом полученного опыта. Итоговая модель управления проектом разработки веревочного парка будет выглядеть следующим образом (Рис. 2).



Рис. 2. Гибридная модель управления проектом разработки и реализации веревочного парка по принципу постоянного улучшения

1. На этапе проектирования и строительства – применяется каскадная модель, обеспечивающая структурированность и соответствие стандартам.

2. На этапе эксплуатации – используется Agile-подход: собирается обратная связь от пользователей, проводится анализ данных и заказчику выносится предложение по улучшению или трансформации объекта для более эффективной коммерческой деятельности.

Несмотря на то, что управление качеством стремиться к постоянству [4], в случае с детскими спортивно-развлекательными комплексами постоянство может принести обратный эффект и таким образом, создается система постоянного улучшения, позволяющая трансформировать комплекс под потребности посетителей и повышать его коммерческую эффективность.

Веревочные парки являются перспективным направлением в сфере детских спортивно-развлекательных комплексов, поскольку они сочетают физическую активность, элементы игры и безопасную среду [5]. Однако для успешного внедрения и долгосрочной эксплуатации таких объектов необходимо комплексное управление качеством, учитывающее интересы, как инвесторов, так и конечных потребителей.

Анализ показал, что традиционная каскадная модель управления проектами обеспечивают предсказуемость и соответствие нормативам, но имеют ограниченные возможности для адаптации и улучшения после сдачи объекта в эксплуатацию. В современных условиях целесообразно использовать гибридную модель, где каскадный подход применяется на этапах проектирования и строительства, а принципы Agile – на этапе эксплуатации. Это позволяет оперативно реагировать на запросы пользователей, анализировать данные о посещаемости, вносить улучшения в проект и обеспечивать его актуальность в долгосрочной перспективе.

Применение данной стратегии повысит конкурентоспособность спортивно-развлекательных комплексов, сделает их более привлекательными для посетителей и обеспечит их устойчивое развитие в условиях меняющегося спроса.

Список литературы

1. Newton R., Project management step by step – 2007. – URL: https://books.google.ru/books?id=3b1UO7YNhS0C&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false (дата обращения: 15.02.2025).

2. Архипова Л. И., Принципы Agile в цифровой трансформации бизнеса / Л. И. Архипова, Л. Ф. Медведева // Научные труды Республиканского института высшей школы. Философско-гуманитарные науки. – 2021. – № 20-2. – С. 126-138.

3. Васильева, А. Д. Технология управления проектами на основе методологии AGILE / А. Д. Васильева, А. Буторин, Л. Котегова // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2021. – № 1-2. – С. 118-124.

4. Central Computer and Telecommunications Agency, PRINCE2 – 2009.

3. 5.Маклакова И. А. Верёвочный парк – одна из эффективных инновационных здоровьесберегающих технологий для детей с ОВЗ // Журнал для воспитателей и педагогов ДОУ – 2022. – URL: https://www.vospitatelds.ru/categories/2/articles/7078 (дата обращения: 18.02.2025).

Железняк Д.Д.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
danil.zhelznyak.01@bk.ru
Савостикова О.Г.
старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
ogsavostik@mail.ru

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ФИРМЫ THE REASON

Аннотация. В условиях глобализации ювелирной отрасли и усиления конкуренции ключевым становится обеспечение стабильного качества продукции. Статья посвящена разработке предложений по модернизации нормативных документов, регулирующих процессы инкрустации и обработки драгоценных металлов.

Основное внимание уделяется анализу ГОСТ Р 71116-2023 Драгоценные камни. Термины и определения и предлагаем внести изменения в части параметров закрепки камней и обработки посадочных мест во внутренние документы предприятия, которое реализует и производит ювелирные изделия, а именно стандартизированные качества поверхности, шероховатости и минимализации погрешности, предлагается система допустимых отклонений. Предложено ввести стандартизированные требования к качеству поверхности, геометрии и форме посадочных элементов с учетом типа камня и металла, включая модуль упругости, твердость и чувствительность к механическим нагрузкам.

Разработана система допустимых отклонений в размерах и устойчивости камней после закрепки, предложены методы лабораторного контроля (вибрационное и ударное тестирование). Модернизация направлена на снижение производственного брака, формирование новых стандартов качества и укрепление международного имиджа российских производителей ювелирных изделий.

Ключевые слова: ювелирные изделия, закрепка камней, драгоценные металлы, стандартизация, качество продукции, модернизация.

Zheleznyak D.D.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
danil.zhelznyak.01@bk.ru
Savostikova O.G.
Senior Lecturer of the Department of Standardisation, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ogsavostik@mail.ru

DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING THE QUALITY OF PRODUCTS TO INCREASE CUSTOMER SATISFACTION OF THE FIRM THE REASON

Abstact. In the conditions of globalisation of the jewellery industry and increased competition, ensuring stable product quality becomes the key. The article is devoted to the development of proposals for modernisation of normative documents regulating the processes of inlaying and processing of precious metals.

The main attention is paid to the analysis of GOST R 71116-2023 and identification of its shortcomings in terms of parameters of stone setting and treatment of landing places. It is proposed to introduce standardised requirements for surface quality, geometry and shape of seating elements taking into account the type of stone and metal, including modulus of elasticity, hardness and sensitivity to mechanical loads.

A system of permissible deviations in the size and stability of stones after setting has been developed, and laboratory control methods (vibration and impact testing) have been proposed. The modernisation is aimed at reducing production defects, forming new quality standards and strengthening the international image of Russian jewellery manufacturers.

Keywords: jewellery, stone setting, precious metals, standardisation, product quality, modernisation.

Ювелирное искусство требует безупречного исполнения и сочетает красоту с точностью. Мастера работают с благородными металлами, применяя особые техники закрепки камней для прочности и эстетики изделий. Правильная закрепка – основа качества украшений бренда «The Reason».

Нарушение технологических норм приводит к потере блеска, деформации и потускнению изделий, а также выпадению камней. Это снижает качество украшений, подрывает доверие клиентов и ведет к финансовым потерям. Соблюдение ГОСТов – гарантия качества продукции и стабильности бизнеса.

Закрепка драгоценных камней – важнейший этап ювелирного производства, влияющий на эстетику, долговечность и надежность изделия. Существует несколько методов закрепки (крапановая, глухая, корнеровая), требующих высокой квалификации мастера. Проблема современной практики заключается в отсутствии четкой стандартизации методов закрепки по ГОСТ Р 71116-2023, что приводит к разнице в качестве продукции и потере доверия потребителей. Стандартизация методов закрепки необходима для повышения надежности, безопасности и художественной ценности ювелирных изделий.

Цель исследования – совершенствование государственного стандарта в области закрепки драгоценных и полудрагоценных камней.

Основные направления модернизации:

- внедрение системы контроля качества с формализацией контрольных точек и промежуточной инспекцией перед финишной полировкой для выявления геометрических несоответствий и деформации оправ;

- разработка обязательных технологических карт закрепки для каждого типа камня с учетом механических нагрузок, температурных воздействий при пайке и родировании, особенностей металла и формы оправы;

- стандартизация обработки металлов с установлением строгих допусков на шероховатость, соосность и параллельность посадочных поверхностей для различных материалов (серебро 925, золото 585, платина 950).

Конкретные уточнения стандарта:

- установление точных параметров посадочных мест, включая глубину, угол наклона и качество обработки лунок с учетом предельных отклонений и шероховатости (Ra) в зависимости от типа огранки;

- введение дифференцированных методов закрепки: щадящие для мягких камней (опал, бирюза) и сложные крапановые для твердых (алмазы, сапфиры);

- внедрение системы контроля качества с определением допустимых отклонений через «коэффициент соответствия инкрустации» и лабораторными испытаниями на устойчивость к нагрузкам.

Ювелирное производство требует сочетания инженерной точности и художественного мастерства. Особое внимание следует уделить технологии закрепки камней, так как именно эта область часто становится причиной дефектов: вставки выпадают, трескаются или теряют устойчивость.

Необходимо обновить ГОСТ Р 71116–2023, который содержит слишком общие формулировки. Предлагается ввести следующие изменения, которые перечислены ниже. 1) Разработать отдельные нормативы для золота, серебра и платины с учетом их физико-механических свойств. Для серебра ограничить давление при закрепке, для платины усилить требования к геометрии оправы. 2) Для камней с низкой твердостью (опал, бирюза, жемчуг) использовать мягкие методы закрепки вместо жестких крапановых: клеевые системы с подложками, глухие оправы с амортизирующими вставками. 3) Внедрить «коэффициент соответствия инкрустации» для оценки точности посадки и устойчивости вставок к вибрациям. 4) Создать технологические карты закрепки с указанием особенностей вставки, материала, вида закрепки и допусков.

Примеры новых норм:

в серебре 925 пробы с камнями тверже 6 по шкале Мооса использовать только клеевые или глухие закрепы с подложкой

- в платиновых оправах геометрия посадочного места должна;
- соответствовать профилю огранки с допуском ±0,03 мм;
- все изделия после закрепки должны проходить вибротест на частоте 60 Гц в течение 30 минут без смещения вставки.

Эти изменения помогут снизить процент брака, улучшить качество ювелирных изделий и укрепить репутацию российских брендов как надежных и инновационных производителей.

Предложенная модернизация, касающаяся стандартизации процессов закрепки камней и обработки драгоценных металлов, необходима для повышения качества ювелирных изделий. Новые нормы, включая требования к обработке посадочных мест и стандарты закрепки, улучшат долговечность и эстетику продукции. Это снизит производственные дефекты, повысит доверие потребителей и укрепит позиции производителей на рынке. В условиях конкуренции внедрение стандартов обеспечит устойчивое развитие ювелирной отрасли. Изменения помогут достичь мирового уровня качества и обеспечить успешное будущее производства.

Список литературы

1. О порядке опробирования и клеймения изделий из драгоценных металлов в Российской Федерации: постановление Правительства РФ от 18.06.1999 // Собрание законодательства РФ. – 1999. – № 26. – Ст. 3171.

2. ГОСТ Р 71116-2023 Драгоценные камни. Термины и определения. – Москва: Стандартинформ, 2023. – 16 с.

3. Маркировка ювелирных изделий в 2023-2024 годах. https://alternativa-pro.ru/news/markirovka-yuvelirnykh-izdeliy-v-2023-2024-godakh-pravila-sroki-i-shtrafy/

4. Огвоздин В. Ю. Управление качеством. Основы теории и практики. – М.: Дело и Сервис, 2009. –304 с.

5. Глудкин О.П. и др. Всеобщее управление качеством: Учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. –600с.

6. Гличев А.В. Основы управления качеством продукции. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2001. -120 с.

7. Айлова Г.Н., Васильева, М.П., Петренко, И.А., Рыженко, Г.Н. Товароведение и экспертиза металлохозяйственных и ювелирных товаров. – СПб.: Питер, 2005. – 304 с.: ил.

Савостикова О.Г.
старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
ogsavostik@mail.ru
Парфеньева И.Е.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
iparfeneva@mail.ru
Вячеславова О.Ф.
д.т.н., профессор кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vyache-smis@mail.ru

АЛГОРИТМ ВНЕДРЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Аннотация. В статье рассматривается алгоритм внедрения инструментов бережливого производства (БП) на предприятиях, направленный на реализацию системного и комплексного подхода по снижению потерь, издержек и времени производственного цикла. Вопросы внедрения и применения инструментов БП, создания и внедрения системы менеджмента бережливого производства (СМБП) для многих предприятий всё ещё остаются открытыми. Алгоритм внедрения инструментов БП рассматривается как инструмент эффективного управленяи процессами.

Ключевые слова: бережливое производство, алгоритм внедрения, последовательность действий.

Savostikova O.G.
Senior Lecturer of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ogsavostik@mail.ru
Parfeneva I.E.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
iparfeneva@mail.ru

Vyacheslavova O.F.
Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vyache-smis@mail.ru

ALGORITHM FOR IMPLEMENTING LEAN PRODUCTION TOOLS AT ENTERPRISES

Abstact. The article discusses an algorithm for implementing lean manufacturing tools in enterprises, aimed at implementing a systematic and integrated approach to reduce losses, costs and production cycle time. The issues of implementation and application of BP tools, creation and implementation of the lean production management system (LPMS) for many enterprises still remain open. The algorithm for implementing BP tools is considered as a tool for effective process management.

Keywords: Lean manufacturing, implementation algorithm, sequence of actions.

Концепция бережливого производства, основанная на постоянном стремлении к устранению всех видов потерь, считается сегодня одной из самых эффективных моделей развития организации [1]. В России большое внимание уделяется развитию этого направления, чему свидетельствует реализуемый Федеральным центром компетенций проект «Производительность труда», в рамках которого проводятся масштабное обучение и конкурсы по бережливому производству, подготовлено более 11 тысяч экспертов по БП [3].

Большой опыт флагманов БП, таких как Росатом, Роскосмос, КАМАЗ и т.д. при «слепом» копировании не дает ожидаемых результатов, что подтверждает неэффективность «калькирования» даже положительного опыта в данной сфере.

Одним из важных аспектов БП является алгоритм внедрения инструментов БП, которые могут выступать как инструменты совершенствования системы менеджмента качества в целом, а не только как единичные, хотя и успешные в той или иной степени, варианты решения проблем. Структурирование алгоритма внедрения инструментов БП позволит эффективно управлять рабочими процессами за счет таких факторов, как сокращения издержек, времени производственного цикла и т.д.[4].

Однако выбор стратегии развития СМБП зачастую носит хаотичный характер, что связано со спецификой организаций, уровнем понимания персоналом организации самой концепции БП и тп. Поэтому необходимо изучение методологии внедрения бережливого производства на предприятиях с целью разработки стратегии внедрения СМБП, основанной на систематизации опыта внедрения инструментов бережливого производства на предприятиях.

Этапы внедрения инструментов БП

Внедрение и развитие инструментов БП, имеющее своей целью снижение потерь, предлагается разделить на следующие этапы:

1) подготовительный;

2) развитие системы снижения потерь;

3) анализ результатов, а также совершенствование всех процессов.

Общие рекомендации по применению системы менеджмента бережливого производства описаны в стандарте ГОСТ Р 59017-2020 «Руководство по применению требований ГОСТ Р 56404 в интегрированных структурах» [2]. Эти рекомендации будут полезны не только в рамках интеграции бережливого производства в систему менеджмента качества, но и для «точечного» внедрения отдельных инструментов БП на производстве.

Подготовительный этап всегда необходимо начинать с плана разработки внедрения. Причем нет разницы для внедрения одного инструмента или всей системы. Процесс планирования масштабируется. Желательно применить инструмент «Дорожная карта», который будет доступен и понятен за счет визуализации всем участникам проекта.

Подготовительный этап можно называть «Этап разработки», который разбит на следующие шаги: шаг 1 – «Проектирование»; шаг 2 – «Апробация»; шаг 3 – «Массовое применение».

Шаг 1 «Проектирование» должен включать следующие элементы:

- оценка необходимости применения инструментов БП;
- цели применения инструментов БП;
- разработка стандартных требований к инструментам БП и методических материалов по реализации инструментов БП в организации;
- план обучения в области БП;
- создание системы аудита и оценки применения инструментов БП организаций.

Шаг 2 «Апробация» включает:

- реализацию пилотного проекта;
- введение в действие системы аудита и оценки применения инструментов БП.

Шаг3 «Массовое применение» инструментов БП в организациях, включает:

- разработку и введение в действие системы подготовки аудиторов, подготовку и оценку персонала;
- разработку программы процесса постоянного совершенствования инструментов;
- тиражирование опыта для всех отделов организации.

Пошаговое содержание этапов

Нужно отметить, что внедрение инструментов БП не должно носить спонтанный характер. Первый шаг «Проектирование» включает создание соответствующей должности в организационной структуре (например, ответственный за разработку основополагающих документов и постановку целей и задач в соответствии со стратегией развития системы менеджмента), разработку мероприятий по внедрению и развертыванию БП, организацию проведения аудитов, мониторинг и оценку результатов, ресурсное обеспечение, решение проблемных вопросов и т.д. [2].

В стандартах и методиках следует отражать требования к инструментам БП, учитывающие особенности рабочего места. Необходимо включать методические материалы и руководства, указывающие способы выполнения требований. В методических материалах должны отражаться конкретные методы и инструментов БП, критерии эффективности деятельности и (или) процессов, способы расчета и улучшения показателей и т.д.

Важно определить перечень стандартов и методик для предприятия, например, методика оценки эффективности внедрения БП; модель менеджмента затрат на основе концепции БП; методика по применению карты потока создания ценности [value stream map (VSM)]; методика по применению организации рабочего пространства (5S); методика по применению визуализации; и т.д. Данный перечень представлен для СМБП, однако дает возможность понять, какие документы позволят организовать эффективную систему по развитию улучшений на производстве.

Также необходимо определить основные требования в области БП, например, требования к эффективности операционной деятельности; требования к системности применения инструментов БП; требования к производственной системе организаций (синхронизация процессов, требования к встроенным системам планирования, организации рабочих мест и т.п.); требования к продукции (себестоимость, структура себестоимости и т.п.).

Для поэтапного освоения инструментов БП в масштабах организации целесообразно создать группу, реализующую проект внедрения инструментов БП на производстве. Для пилотного проекта можно использовать стандарт ГОСТ Р 56406-2021 «Бережливое производство. Аудит. Вопросы для оценки системы менеджмента». И, конечно, для реализации внедрения инструментов БП необходимо обеспечить администрирование и консультирование проекта разработки.

На втором шаге «Апробация» следует получить типовые тиражируемые решения по результатам выполнения работ в пилотных подразделениях (рабочих местах) и использовать их для других подразделений, внося корректировки по результатам апробации в пилотных проектах.

На третьем шаге «Массовое применение» оценивается результативность для дальнейшего развития.

Тщательная проработка «Подготовительного этапа» позволяет эффективно и в кратчайшие сроки начать использовать инструменты БП без внесения серьезных корректировок на этапах «Апробации» и «Массового применения».

Предложенный алгоритм внедрения инструментов бережливого производства позволяет исключить хаотичность при выборе подходов к внедрению инструментов БП на предприятиях.

Выделенные этапы внедрения инструментов БП определяют последовательный, системный и комплексный подход по снижению производственных потерь и позволяет сформировать организационный механизм внедрения инструментов бережливого производства.

Разрабатываемые последовательные действия по внедрению инструментов БП могут быть при их доработке и адаптации применимы на любом предприятия промышленного типа, а также в организациях, оказывающих различные услуги или выполняющие работы.

Список литературы

1. Чернова В.А. Концепция бережливого производства: неуклонное сокращение потерь / В.А.Чернова, И.Т.Агеев.- //Молодой ученый.-2016. – № 26, (130) -№26 (130).- с 407-410.

2. ГОСТ Р 59017-2020 «Бережливое производство. Руководство по применению требований ГОСТ Р 56404 в интегрированных структурах».

3. Открыт прием заявок на IV федеральный конкурс «Тренер по бережливому производству – 2025» /Электронный ресурс/ URL: https://xn--b1aedfedwqbdfbnzkf0oe.xn--p1ai/presscenter/news/otkryt-priem-zayavok-na-iv-federalnyj-konkurs-trener-po-berezhlivomu-proizvodstvu-2025/ (дата обращения: 26.04.2025).

4. Об ФЦК. Отзывы предприятий /Электронный ресурс/ URL: https://xn--b1aedfedwqbdfbnzkf0oe.xn--p1ai/about-fcc/reviews/ (дата обращения: 26.04.2025).

Le Van Dam
Engineer
Institute of Technology Vietnam
Vietnam, Hanoi
damlv86@gmail.com

BENDING ANALYSIS OF SIMPLY SUPPORTED FG-CNTRC CYLINDRICAL SHELL SUBJECTED TO EXTERNAL PRESSURE

Abstract. In this paper, bending analysis of functionally graded carbon nanotubes reinforced composite (FG-CNTRC) cylindrical shell with simply supported boundary conditions is conducted. The governing equations of shell are established by using the higher-order shear deformation theory (HSDT) accounts for the transverse normal stress. Five different distributions of uniaxially aligned reinforcements that is, uniform and four different functionally graded distributions of carbon nanotubes, as well as the thickness of the shell constructions are taken into consideration. Use an analytical method in which the displacement is approximated by a trigonometric series to find the solution of the global system of equations. The solution method is verified by comparison with published results. Perform analysis of the influence of CNT distribution configuration, the influence of geometric parameters and external pressure load on displacement and stress of simply supported FG-CNTRC cylindrical shell.

Keywords: bending analysis, the higher-order shear deformation theory, carbon nanotubes reinforced composite, cylindrical shell, analytical method.

1. INTRODUCTION

The use of carbon nanotubes (CNT) materials mixed with variable ratios according to certain rules in the matrix phase has created a new type of composite material called functionally graded carbon nanotubes reinforced composite (FG-CNTRC). This material has promoted both the advantages of composite materials and FG materials, so it has outstanding characteristics such as high strength, light weight, and mechanical properties that change in a preferential direction. Thanks to the above characteristics, FG-CNTRC has the potential for wide application in many fields such as aerospace, energy, and transportation [1]. Shen proposed the first FG-CNTRC model in 2009 [2], based on this model many scientists have carried out studies on structures using FG-CNTRC materials [3, 4].

Many studies have used first-order shear deformation theory (FSDT) to investigate the mechanical response of structures made of FG-CNTRC materials. The FSDT was used by Garci'a-Marci'as et al [5] to demonstrate the static and free vibration of thin and moderately thick FG-CNTRC skew plates. The bending and free vibration of FG-CNTRC cylindrical panels were analyzed by Zhang et al [6]. The FSDT was used to establish the governing equations for this investigation. These equations were solved using the meshfree kp-Ritz method. Zhu et al. [7] examined the bending and free vibration of thin-to-moderately thick composite plates reinforced by single-walled carbon nanotubes using this theory and the finite element method.

To increase the accuracy of the results, many studies have used 3D elasticity theory to investigate the mechanical response of structures made of FG-CNTRC materials. Alibeigloo et al. [8] performed static analysis of the FG-CNTRC plates implanted in the piezoelectric layer subjected to mechanical load with simply-supported edges using Navier's method and the three-dimensional theory of elasticity. Alibeigloo et al. [9] investigated the bending of the simply supported FG-CNTRC cylindrical panels using the same theory and methodology. The bending behavior of an open cylindrical shell made of FG-CNTRC under mechanical strain was examined by Mehrabadi and Aragh [10]. In comparison to those based on the three-dimensional theory of elasticity, they reported that the nondimensional radial, axial, circumferential, and shear transverse stresses based on the third-order shear deformation theory (TSDT) were lower.

Although the three-dimensional theory of elasticity is the most accurate, it is a challenging model to calculate. Because FSDT or HSDTs require less computing power than 3D models, they are more practical to use [11]. Nevertheless, in these theories with constant transverse displacement, the transverse normal stress effect was disregarded. Particularly for thick plates, this displacement field assumption is incorrect. The HSDT, which takes into consideration the transverse normal stress effect, was introduced to assess the structure in order to address this problem [12].

In this study, the bending analysis of FG-CNTRC cylindrical shell with single support boundary condition is performed. Higher-order shear deformation theory considering the effect of transverse normal shear stress is used to establish the governing equations of the shell. The rule of mixture was used to evaluate the FG-CNTRC cylindrical shell's effective material properties. The solution method is to use the analytical method in which the trigonometric series is used to approximate the displacement. Perform the analysis of the bending properties of the shell under the influence of the CNT distribution configuration factors and the CNT volume fraction on displacement and stress of the cylindrical shell subjected to external pressure.

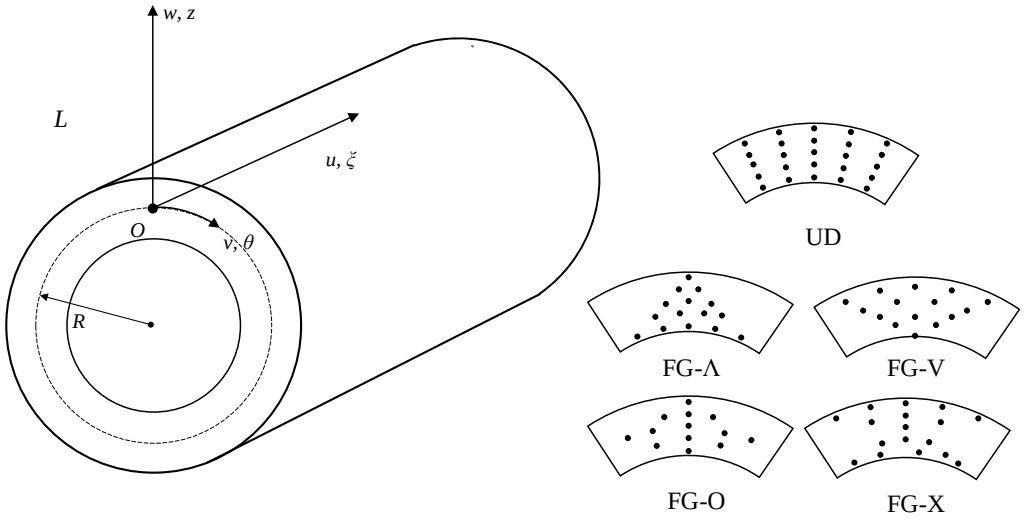


Fig. 1. Geometry and coordinates of the FG-CNTRC cylindrical shell

2. GOVERNING EQUATIONS AND SOLUTION PROCEDURE

Consider a cylindrical shell with geometrical parameters including length L, mean surface radius R, shell thickness h. Use the $O\xi\theta z$ coordinate system with the corresponding displacements *u*,

v, *w*. Load pressure acting on the shell is $q^{+}(\xi,\theta)$ and $q^{-}(\xi,\theta)$ on the outer and inner surfaces, respectively.

The displacement field according to the high-order shear deformation theory is developed as follows:

$$\begin{aligned} u(\xi,\theta,z) &= u_0(\xi,\theta)+u_1(\xi,\theta)z+u_2(\xi,\theta)\frac{z^2}{2!}+u_3(\xi,\theta)\frac{z^3}{3!},\\ v(\xi,\theta,z) &= v_0(\xi,\theta)+v_1(\xi,\theta)z+v_2(\xi,\theta)\frac{z^2}{2!}+v_3(\xi,\theta)\frac{z^3}{3!},\\ w(\xi,\theta,z) &= w_0(\xi,\theta)+w_1(\xi,\theta)z+w_2(\xi,\theta)\frac{z^2}{2!}, \end{aligned} \tag{1}$$

The transverse displacement *w* is the coordinate's second-order polynomial along the thickness direction rather than a constant. As a result, the transverse stress in the current model is not zero.

The linear relationship of strain and displacement is described as follows:

$$\begin{aligned} &\varepsilon_\xi=\frac{1}{R}\frac{\partial u}{\partial\xi},\ \varepsilon_\theta=\frac{1}{R+z}\left(\frac{\partial v}{\partial\theta}+w\right),\ \gamma_{\xi\theta}=\frac{1}{R}\frac{\partial v}{\partial\xi}+\frac{1}{R+z}\frac{\partial u}{\partial\theta},\\ &\gamma_{\theta z}=\frac{1}{R+z}\frac{\partial w}{\partial\theta}+\frac{\partial v}{\partial z}-\frac{v}{R+z},\ \gamma_{\xi z}=\frac{1}{R}\frac{\partial w}{\partial\xi}+\frac{\partial u}{\partial z},\ \varepsilon_z=\frac{\partial w}{\partial z}. \end{aligned} \tag{2}$$

The cylindrical shell's 3D linear constitutive relations are

$$\begin{Bmatrix}\sigma_\xi\\ \sigma_\theta\\ \sigma_z\end{Bmatrix}=\begin{bmatrix}C_{11}&C_{12}&C_{13}\\ C_{12}&C_{22}&C_{23}\\ C_{13}&C_{23}&C_{33}\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}\varepsilon_\xi\\ \varepsilon_\theta\\ \varepsilon_z\end{Bmatrix},\ \begin{Bmatrix}\tau_{z\theta}\\ \tau_{\xi z}\\ \tau_{\xi\theta}\end{Bmatrix}=\begin{bmatrix}C_{44}&0&0\\ 0&C_{55}&0\\ 0&0&C_{66}\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}\gamma_{z\theta}\\ \gamma_{\xi z}\\ \gamma_{\xi\theta}\end{Bmatrix}. \tag{3}$$

where the stiffness elements C_{ij} are derived as follows:

$$\begin{aligned} &C_{11}=\frac{E_{11}}{\Delta}(1-\upsilon_{23}\upsilon_{32}),C_{22}=\frac{E_{22}}{\Delta}(1-\upsilon_{31}\upsilon_{13}),C_{33}=\frac{E_{33}}{\Delta}(1-\upsilon_{21}\upsilon_{12}),C_{44}=G_{23},C_{55}=G_{13},\\ &C_{66}=G_{12},\ C_{12}=\frac{E_{11}}{\Delta}(\upsilon_{21}+\upsilon_{23}\upsilon_{31}),\ C_{13}=\frac{E_{11}}{\Delta}(\upsilon_{31}+\upsilon_{21}\upsilon_{32}),C_{23}=\frac{E_{22}}{\Delta}(\upsilon_{32}+\upsilon_{12}\upsilon_{31}),\\ &\Delta=1-\upsilon_{12}\upsilon_{21}-\upsilon_{23}\upsilon_{32}-\upsilon_{31}\upsilon_{13}-2\upsilon_{12}\upsilon_{23}\upsilon_{32} \end{aligned} \tag{4}$$

The elastic coefficients of FG-CNTRC materials are determined based on the extended mixing rule as follows:

$$E_{11}=\eta_1V_{CNT}E_{11}^{CNT}+V_mE_m,\quad \frac{\eta_2}{E_{22}}=\frac{V_{CNT}}{E_{22}^{CNT}}+\frac{V_m}{E_m},\quad \frac{\eta_3}{G_{12}}=\frac{V_{CNT}}{G_{12}^{CNT}}+\frac{V_m}{G_m} \tag{5}$$

where $E_{11}^{CNT},E_{22}^{CNT},G_{12}^{CNT}$, V_{CNT},E_m,G_m,V_m, $\eta_i\,(i=1,2,3)$ are Young's modulus, shear modulus, and volume fraction of CNT and matrix, the CNT efficiency parameters respectively [16, 17].

The Poisson's ratio is calculated as follow:

$$\upsilon_{12}=V_{CNT}^{*}\upsilon_{12}^{CNT}+V_m\upsilon_{12} \tag{6}$$

where $\upsilon_{12}^{CNT},\upsilon_m$ are Poisson's ratio of CNT and matrix respectively

The CNT volume fraction determined for the five distribution configurations is given as follows:

$$V_{CNT}=V_{CNT}^{*} \qquad \text{for UD} \tag{7.a}$$

$$V_{CNT}=2\left(\frac{R-r}{h}+\frac{1}{2}\right)V_{CNT}^{*} \qquad \text{for FG-}\Lambda \tag{7.b}$$

$$V_{CNT}=2\left(\frac{r-R}{h}+\frac{1}{2}\right)V_{CNT}^{*} \qquad \text{for FG-V} \tag{7.c}$$

$$V_{CNT} = 2\left(1-\frac{2|r-R|}{h}\right)V_{CNT}^{*} \quad \text{for FG-O} \tag{7.d}$$

$$V_{CNT} = 4\frac{|r-R|}{h}V_{CNT}^{*} \quad \text{for FG-X} \tag{7.e}$$

The other effective elastic constants for mixture of CNTs and polymer matrix are

$$E_{22} = E_{33}, G_{12} = G_{13} = G_{23}, \upsilon_{12} = \upsilon_{13}, \upsilon_{31} = \upsilon_{21}, \upsilon_{32} = \upsilon_{23} = \upsilon_{21}, \upsilon_{21} = \frac{E_{22}}{E_{11}}\upsilon_{12} \tag{8}$$

The governing equations of the shell is determined based on the virtual work principle and is expressed as follows:

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial N_{\xi}}{\partial \xi}+\frac{\partial N_{\theta\xi}}{\partial \theta}=0, && \frac{\partial N_{\theta}}{\partial \theta}+\frac{\partial N_{\xi\theta}}{\partial \xi}+Q_{\theta}=0,\\
&\frac{\partial Q_{\xi}}{\partial \xi}+\frac{\partial Q_{\theta}}{\partial \theta}-N_{\theta}-Rp_0=0, && \frac{\partial M_{\xi}}{\partial \xi}+\frac{\partial M_{\theta\xi}}{\partial \theta}-RQ_{\xi}=0,\\
&\frac{\partial M_{\xi\theta}}{\partial \xi}+\frac{\partial M_{\theta}}{\partial \theta}-RQ_{\theta}=0, && \frac{\partial S_{\xi}}{\partial \xi}+\frac{\partial S_{\theta}}{\partial \theta}-M_{\theta}-RQ_{z}-Rp_1=0,\\
&\frac{\partial N_{\xi}^{*}}{\partial \xi}+\frac{\partial N_{\theta\xi}^{*}}{\partial \theta}-RS_{\xi}=0, && \frac{\partial N_{\xi\theta}^{*}}{\partial \xi}+\frac{\partial N_{\theta}^{*}}{\partial \theta}-RS_{\theta}-Q_{\theta}^{*}=0,\\
&\frac{\partial Q_{\xi}^{*}}{\partial \xi}+\frac{\partial Q_{\theta}^{*}}{\partial \theta}-N_{\theta}^{*}-RS_{z}-Rp_2=0, && \frac{\partial M_{\xi}^{*}}{\partial \xi}+\frac{\partial M_{\theta\xi}^{*}}{\partial \theta}-RQ_{\xi}^{*}=0,\\
&\frac{\partial M_{\xi\theta}^{*}}{\partial \xi}+\frac{\partial M_{\theta}^{*}}{\partial \theta}-RQ_{\theta}^{*}-2S_{\theta}^{*}=0.
\end{aligned} \tag{9}$$

The force resultants of (12) are determined as follows:

$$\left(N_{\xi},\, M_{\xi},\, N_{\xi}^{*},\, M_{\xi}^{*}\right)=\int_{-h/2}^{+h/2}\sigma_{\xi}\left(1+\frac{z}{R}\right)\left(1,\, z,\, \frac{z^2}{2},\, \frac{z^3}{6}\right)dz,$$

$$\left(N_{\theta},\, M_{\theta},\, N_{\theta}^{*},\, M_{\theta}^{*}\right)=\int_{-h/2}^{+h/2}\sigma_{\theta}\left(1,\, z,\, \frac{z^2}{2},\, \frac{z^3}{6}\right)dz,$$

$$\left(N_{\theta\xi},\, M_{\theta\xi},\, N_{\theta\xi}^{*},\, M_{\theta\xi}^{*}\right)=\int_{-h/2}^{+h/2}\tau_{\xi\theta}\left(1,\, z,\, \frac{z^2}{2},\, \frac{z^3}{6}\right)dz,$$

$$\left(N_{\xi\theta},\, M_{\xi\theta},\, N_{\xi\theta}^{*},\, M_{\xi\theta}^{*}\right)=\int_{-h/2}^{+h/2}\tau_{\xi\theta}\left(1+\frac{z}{R}\right)\left(1,\, z,\, \frac{z^2}{2},\, \frac{z^3}{6}\right)dz,$$

$$\left(Q_{z},\; S_{z}\right)=\int_{-h}^{+h}\sigma_{z}\left(1,\, z\right)\left(1+\frac{z}{R}\right)dz,$$

$$\left(Q_{\xi},\, S_{\xi},\, Q_{\xi}^{*}\right)=\int_{-h/2}^{+h/2}\tau_{\xi z}\left(1,\, z,\, \frac{z^2}{2}\right)\left(1+\frac{z}{R}\right)dz,$$

$$\left(Q_{\theta},\, S_{\theta},\, Q_{\theta}^{*},\, S_{\theta}^{*}\right)=\int_{-h/2}^{+h/2}\tau_{\theta z}\left(1,\, z,\, \frac{z^2}{2},\, \frac{z^3}{6}\right)dz,$$

$$p_i = q^{+}\left(1+\frac{h}{2R}\right)\frac{\left(h/2\right)^{i}}{i!}+q^{-}\left(1-\frac{h}{2R}\right)\frac{\left(-h/2\right)^{i}}{i!},\;\; i=0,1,2. \tag{10}$$

For a closed cylindrical shell with simply supported at both ends, the boundary conditions are determined as follows:

$$N_{\xi}=M_{\xi}=N_{\xi}^{*}=M_{\xi}^{*}=0,\;\; v_0=v_1=v_2=v_3=0,\;\; w_0=w_1=w_2=0; \tag{11}$$

Substituting equations (1-3) into the system of equations (9), we obtain a system of partial differential equations consisting of 11 equations corresponding to 11 unknowns which are the components of the displacement mentioned in equation (1). The system of equations (9) becomes the following system of equations:

$$
\begin{aligned}
&K_{10}^{i}u_0+K_{10,11}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}u_0+K_{10,22}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}u_0+K_{11}^{i}u_1+K_{11,11}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}u_1+K_{11,22}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}u_1+\\
&+K_{12}^{i}u_2+K_{12,11}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}u_2+K_{12,22}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}u_2+K_{13}^{i}u_3+K_{13,11}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}u_3+K_{13,22}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}u_3+\\
&+K_{20,12}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\xi\partial\theta}v_0+K_{21,12}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\xi\partial\theta}v_1+K_{22,12}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\xi\partial\theta}v_2+K_{23,12}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\xi\partial\theta}v_3+K_{30,1}^{i}\frac{\partial}{\partial\xi}w_0+\\
&+K_{31,1}^{i}\frac{\partial}{\partial\xi}w_1+K_{32,1}^{i}\frac{\partial}{\partial\xi}w_2=0,\quad i=1,\ 2,\ 3,\ 4,\\
&K_{10,12}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\xi\partial\theta}u_0+K_{11,12}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\xi\partial\theta}u_1+K_{12,12}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\xi\partial\theta}u_2+K_{13,12}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\xi\partial\theta}u_3+\\
&+K_{20}^{j}v_0+K_{20,11}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}v_0+K_{20,22}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}v_0+K_{21}^{j}v_1+K_{21,11}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}v_1+K_{21,22}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}v_1+\\
&+K_{22}^{j}v_2+K_{22,11}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}v_2+K_{22,22}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}v_2+K_{23}^{j}v_3+K_{23,11}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}v_3+K_{23,22}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}v_3+\\
&+K_{30,2}^{j}\frac{\partial}{\partial\theta}w_0+K_{31,2}^{j}\frac{\partial}{\partial\theta}w_1+K_{32,2}^{j}\frac{\partial}{\partial\theta}w_2=0,\quad j=5,\ 6,\ 7,\ 8,\\
&K_{10,1}^{k}\frac{\partial}{\partial\xi}u_0+K_{11,1}^{k}\frac{\partial}{\partial\xi}u_1+K_{12,1}^{k}\frac{\partial}{\partial\xi}u_2+K_{13,1}^{k}\frac{\partial}{\partial\xi}u_3+K_{20,2}^{k}\frac{\partial}{\partial\theta}v_0+\\
&+K_{21,2}^{k}\frac{\partial}{\partial\theta}v_1+K_{22,2}^{k}\frac{\partial}{\partial\theta}v_2+K_{23,2}^{k}\frac{\partial}{\partial\theta}v_3+K_{30}^{k}w_0+K_{30,11}^{k}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}w_0+\\
&+K_{30,22}^{k}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}w_0+K_{31}^{k}w_1+K_{31,11}^{k}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}w_1+K_{31,22}^{k}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}w_1+K_{32}^{k}w_2+\\
&+K_{32,11}^{k}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}w_2+K_{32,22}^{k}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}w_2=K_{q^+}^{k}q^{+}+K_{q^-}^{k}q^{-},\\
&k=9,\ 10,\ 11,
\end{aligned}
\tag{15}
$$

herein, the coefficients K are constants, which depend on R, h/R, Poisson's ratio, and Young's modulus of the FG-CNTRC shell.

Using the trigonometric series below to approximate the displaced components, the system of partial differential equations will then be converted into a system of ordinary differential equations:

$$
\begin{aligned}
u_i(\xi,\theta)&=U_{i0}(\xi)+\sum_{m=1}^{\infty}\left[U_{im}^{1}(\xi)\cos m\theta+U_{im}^{2}(\xi)\sin m\theta\right],\\
v_i(\xi,\theta)&=V_{i0}(\xi)+\sum_{m=1}^{\infty}\left[V_{im}^{1}(\xi)\sin m\theta-V_{im}^{2}(\xi)\cos m\theta\right],\\
w_j(\xi,\theta)&=W_{j0}(\xi)+\sum_{m=1}^{\infty}\left[W_{jm}^{1}(\xi)\cos m\theta+W_{jm}^{2}(\xi)\sin m\theta\right],\\
q^{\pm}(\xi,\theta)&=Q_0^{\pm}(\xi)+\sum_{m=1}^{\infty}\left[Q_m^{1\pm}(\xi)\cos m\theta+Q_m^{2\pm}(\xi)\sin m\theta\right],\\
&i=0,\ 1,\ \ldots,\ K,\quad j=0,\ 1,\ \ldots,\ K-1.
\end{aligned}
\tag{16}
$$

In the case of symmetrical axial loading, the components $V_{i0}(\xi)=0$.

The root expression of the displacement is then found by solving the ordinary differential equations that were previously obtained using the Laplace transform and boundary. One might see the reference [15] for further information.

After obtaining the displacement solution, substitute into equation (1-3) to determine the plane stress components. Using integrals derived from the 3D theory of elasticity, the shear stress components are ascertained as follows:

$$\tau_{\xi z}=-\frac{1}{R+z}\int_{-h/2}^{z}\left[\left(1+\frac{z}{R}\right)\frac{\partial\sigma_{\xi}}{\partial\xi}+\frac{\partial\tau_{\xi\theta}}{\partial\theta}\right]dz,$$

$$\tau_{\theta z}=-\frac{R}{(R+z)^2}\int_{-h/2}^{z}\left[\left(1+\frac{z}{R}\right)\frac{\partial\sigma_{\theta}}{\partial\theta}+\left(1+\frac{z}{R}\right)^2\frac{\partial\tau_{\xi\theta}}{\partial\xi}\right]dz, \tag{17}$$

$$\sigma_z=-\frac{1}{R+z}\int_{-h/2}^{z}\left[\left(1+\frac{z}{R}\right)\frac{\partial\tau_{\xi z}}{\partial\xi}+\frac{\partial\tau_{\theta z}}{\partial\theta}-\sigma_{\theta}\right]dz+\frac{R-h/2}{R+h/2}q^{-}.$$

3. NUMERICAL RESULTS

3.1. Validation

The current method is validated by comparing the numerical findings for the one-layer orthotropic cylindrical shell with those reported by Varadan and Bhaskar [18] using the 3D elasticity theory of elasticity. It is believed that the material's characteristics are

The material properties are assumed to be, $E_1=25E_2, G_{23}=0.2E_2, G_{13}=G_{12}=0.5E_2$, Poisson's ratio $\upsilon_{12}=0.25$ and non-dimensional parameters are $\overline{\mathrm{w}}=(10wE_1)/(Q_0hS^4)$, $(\bar{\sigma}_{\xi},\bar{\sigma}_{\theta})=10(\sigma_{\xi},\sigma_{\theta})/(hS^2Q_0)$, $\bar{\sigma}_z=10\sigma_z/(hS^2Q_0)$. Table 1 shows that the results are in good agreement with pulished results.

Table 1

Displacement and stress comparison for one layer cylindrical shell

R/h	**Method**	$\bar{\mathrm{w}}$ $z=0$	$\bar{\sigma}_{\theta}$ $z=-h/2$	$\bar{\sigma}_{\theta}$ $z=h/2$	$\bar{\sigma}_{\xi}$ $z=-h/2$	$\bar{\sigma}_{\xi}$ $z=h/2$	$\bar{\sigma}_z$ $z=0$
4	Varadan [18]	2.873	-6.969	4.859	-0.2295	0.0981	-0.69
	Present	2.7723	-7.0758	4.5767	-0.28403	0.08925	-0.658
10	Varadan [18]	0.9189	-4.509	4.051	-0.0656	0.0663	-1.37
	Present	0.91724	-4.5286	4.0160	-0.08667	0.05528	-1.373
50	Varadan [18]	0.5385	-3.979	3.902	-0.0086	0.0845	-5.38
	Present	0.53838	-3.9825	3.8972	-0.01220	0.08128	-5.383
100	Varadan [18]	0.5170	-3.876	3.843	0.0288	0.1190	-10.13
	Present	0.51693	-3.8784	3.8410	0.02704	0.11734	-10.128
500	Varadan [18]	0.3060	-2.293	2.306	0.1924	0.2459	-29.24
	Present	0.30596	-2.2935	2.3053	0.19218	0.24573	-29.240

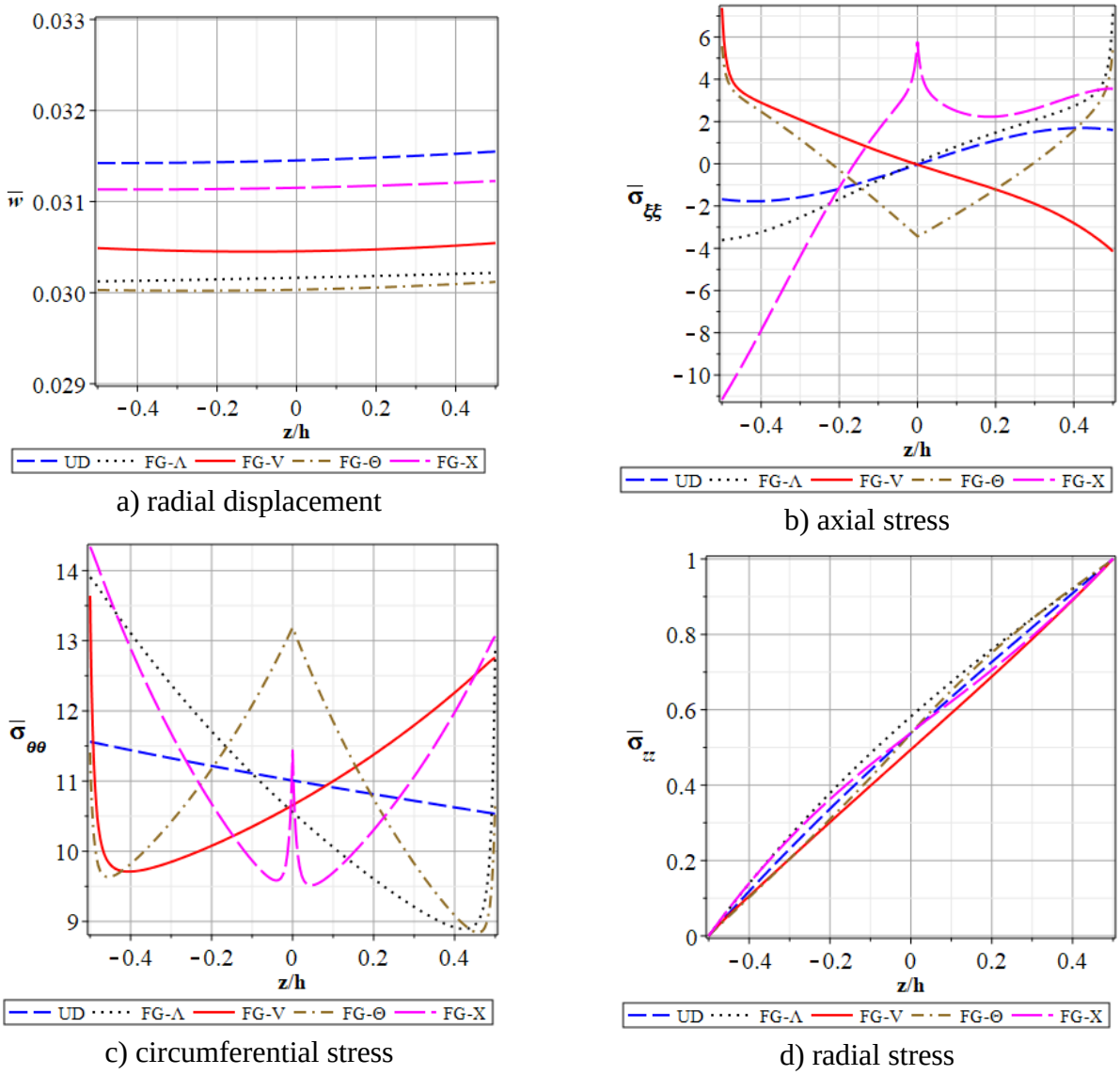
3.2. The effect of CNT distribution

This section presents a bending analysis of the FG-CNTRC cylindrical shell using five different CNT distribution cases: UD, FG-Λ, FG-V, FG-X, and FG-O. Both end edges of the cylindrical shell are simply supported boundary conditions. The shell is subjected to external uniform pressure $Q_0=1MPa$. The geometrical parameters of the shell are as follows: h=0.1m, $L/R=0.4$; $R/h=10$.

The (10,10) SWCNTs use in the current case have the material characteristics [11]: $E_{11}^{CNT} = 5.6466 TPa, E_{22}^{CNT} = 7.0800 TPa$, $G_{12}^{CNT} = 1.9445 TPa$; and $\upsilon_{12}^{CNT} = 0.175$. The material properties of matrix are $E_m = 2.1 GPa,\ \upsilon_m = 0.34$.

Efficiency parameters of CNT depend on CNT volume fraction as follows:

$$V_{CNT}^{*} = 0.11; \eta_1 = 0.149; \eta_2 = 0.934; \eta_3 = \eta_2;$$
$$V_{CNT}^{*} = 0.14; \eta_1 = 0.150; \eta_2 = 0.941; \eta_3 = \eta_2;$$
$$V_{CNT}^{*} = 0.17; \eta_1 = 0.149; \eta_2 = 1.381; \eta_3 = \eta_2;$$



a) radial displacement

b) axial stress

c) circumferential stress

d) radial stress

Fig. 2. Effect of CNT distribution on non-dimensional stresses and displacements of simply supported cylindrical shell at the middle position $\xi = L/2R$ *with* $V_{CNT}^{*} = 0.17, L/R = 4, R/h = 10$

The displacement and stress components are non-dimensionalized as follows:

$$\bar{w} = w/h; \left(\bar{\sigma}_{\xi\xi}, \bar{\sigma}_{\theta\theta}, \bar{\sigma}_{zz}, \bar{\tau}_{\xi\theta}, \bar{\tau}_{\xi z}, \bar{\tau}_{z\theta}\right) = \left(\sigma_{\xi}, \sigma_{\theta}, \sigma_{z}, \tau_{\xi\theta}, \tau_{\xi z}, \tau_{z\theta}\right) / Q_0 \qquad (18)$$

Figure 2 shows the influence of CNT distribution configuration on the displacement and dimensionless stress values of single-sided FG-CNTRC cylindrical shell with $V_{CNT}^{*} = 0.17, L/R = 4, R/h = 10$.

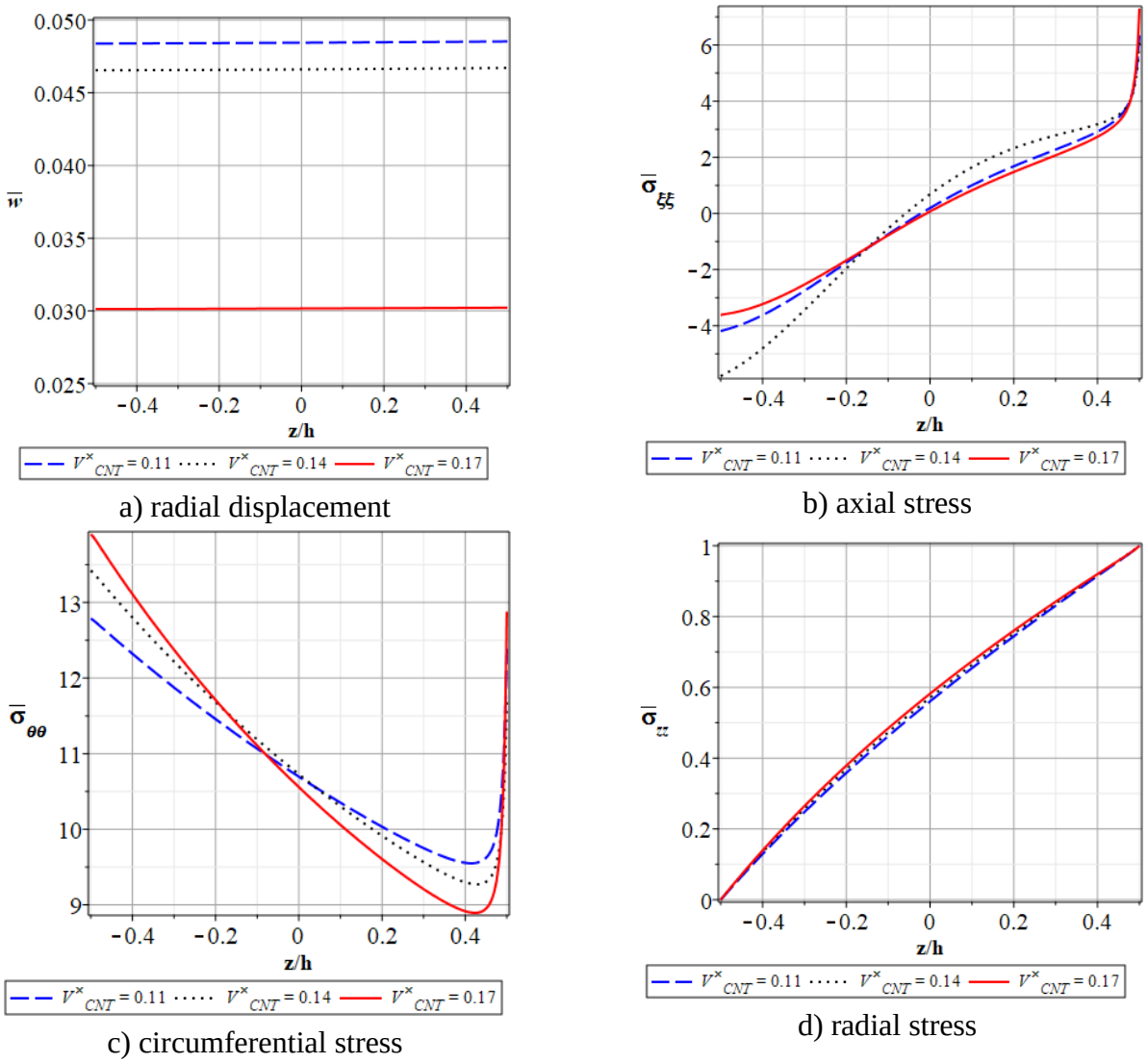
The through-thickness distribution of stresses and displacement is significantly impacted by the CNT dispersion, as Figure 1 illustrates. According to Figure 2a, the displacement of the UD case is the largest, and the displacement of the FG-Λ case is the smallest. As can be seen from Fig-

ure 3b-d, the stress components at a given point along the radial direction for the case of UD are situated between the distributions for the case of FG-V and FG-Λ, FG-O and FG-X, respectively. From the graph in figure 3d it can be seen that the horizontal normal stress varies from zero on the inner surface to the pressure value acting on the outer surface.

Regarding the variation trend, it shows that the stress in cases FG-V and FG-Λ, FG-o and FG-X varies in opposite directions to each other, corresponding to the opposite distribution rule of CNTs. At the outer, inner and middle thickness positions of the shell, the stress value varies the most. This is explained by the fact that at this position the CNT volume fraction value reaches the extreme value (largest or smallest).

3.3. The effect CNT volume fraction

The bending analysis of FG-Λ cylindrical shells with varying volume fractions is investigated in this section. The shell's geometry and material characteristics are identical to those in the previous section. The shell is subjected to external uniform pressure $Q_0=1MPa$. The geometrical parameters of the shell are as follows: h=0.1m, $L/R=0.4;\ R/h=10$. The investigated volume ratio values are $V^*_{CNT}=0.11;0.14;\ 0.17$.



a) radial displacement

b) axial stress

c) circumferential stress

d) radial stress

Fig. 3. Effect of CNT volume fraction on displacement and stress of FG-Λ cylindrical shell at the middle position $\xi = L/2R$ *with* $L/R=4, R/h=10$

From the graphs in Figure 3, it can be seen that the CNT volume ratio greatly affects the displacement and stress in the shell. According to Figure 3, the value of the normal displacement at the midpoint of the shell is inversely proportional to the value of the CNT volume ratio. As the value of the CNT volume ratio increases, the stiffness of the shell increases.

According to the graphs in Figures 3b and 3c, the stress value changes the most at the inner surface of the shell, and gradually converges at the outer surface of the shell. This result can be explained by the fact that at the inner surface of the FG-Λ shell, the volume ratio value reaches the largest value, while at the outer surface of the shell, the volume fraction CNT value reaches 0.

4. CONCLUSIONS

In this paper, bending analysis of FG-CNTRC cylindrical shells by using the higher-order shear deformation theory taking the transverse normal stress effect into account with simply supported boundary conditions was conducted. The expanded rule of mixture was used to determine the FG-CNTRC's material characteristics. The virtual work principle served as the foundation for the derivation of the governing equations and boundary conditions. The governing equations were solved using the Laplace transform and the simple trigonometric series. By comparing its numerical results with published results, the current method was verified. The effects of the CNT volume fraction and distribution instances on the stresses and displacement of the FG-CNTRC cylindrical shell were examined. The findings demonstrated that non-dimensional displacement and stresses are significantly impacted by CNT distribution cases. The influence of CNT distribution configuration and the influence of CNT volume ratio are most evident at the inner, outer, and middle surfaces, which are the locations where the CNT ratio reaches its extreme value. The results of this study have reference significance in the process of designing structures using FG-CNTRC materials.

CRediT authorship contribution statement.

Declaration of competing interest. The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

References

1. Loos M – Carbon nanotube reinforced composites: CNT Polymer Science and Technology. Elsevier,(2014)
2. Shen H-S – Nonlinear bending of functionally graded carbon nanotube-reinforced composite plates in thermal environments. Composite Structures, **91** (2009) 9-19. 10.1016/j.compstruct.2009.04.026. https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2009.04.026
3. Liew KM, Lei Z, Zhang L-W – Mechanical analysis of functionally graded carbon nanotube reinforced composites: a review. Composite Structures, **120** (2015) 90-97. 10.1016/j.compstruct.2014.09.041. https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2014.09.041
4. Liew KM, Pan Z, Zhang L-W – The recent progress of functionally graded CNT reinforced composites and structures. Science China Physics, Mechanics, Astronomy, **63** (2020) 234601. 10.1007/s11433-019-1457-2. https://doi.org/10.1007/s11433-019-1457-2
5. García-Macías E, Castro-Triguero R, Flores EIS, Friswell MI, Gallego R – Static and free vibration analysis of functionally graded carbon nanotube reinforced skew plates. Composite Structures, **140** (2016) 473-490. 10.1016/j.compstruct.2015.12.044.
6. Zhang L, Lei Z, Liew K, Yu J – Static and dynamic of carbon nanotube reinforced functionally graded cylindrical panels. Composite Structures, **111** (2014) 205-212. https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2013.12.035
7. Zhu P, Lei Z, Liew KM – Static and free vibration analyses of carbon nanotube-reinforced composite plates using finite element method with first order shear deformation plate theory. Composite Structures, **94** (2012) 1450-1460. https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2011.11.010
8. Alibeigloo A – Static analysis of functionally graded carbon nanotube-reinforced composite plate embedded in piezoelectric layers by using theory of elasticity. Composite Structures, **95** (2013) 612-622. https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2012.08.018
9. Alibeigloo A – Elasticity solution of functionally graded carbon nanotube-reinforced composite cylindrical panel subjected to thermo mechanical load. Composites Part B: Engineering, **87** (2016) 214-226. 10.1016/j.compositesb.2015.09.060. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2015. 09.060

10. Mehrabadi SJ, Aragh BS – Stress analysis of functionally graded open cylindrical shell reinforced by agglomerated carbon nanotubes. Thin-Walled Structures, **80** (2014) 130-141. https://doi.org/10.1016/j.tws.2014.02.016

11. Zghal S, Frikha A, Dammak F – Static analysis of functionally graded carbon nanotube-reinforced plate and shell structures. Composite Structures, **176** (2017) 1107-1123. 10.1016/j.compstruct.2017.06.015. https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2017.06.015

12. Doan TN, Nguyen AT, Van Binh P, Van Hung T, Tru VQ, Luat DT – Static analysis of FGM cylindrical shells and the effect of stress concentration using quasi-3D type higher-order shear deformation theory. Composite Structures, **262 (1)** (2020) 113357. https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2020.113357

13. Alibeigloo A, Jafarian H – Three-dimensional static and free vibration analysis of carbon nano tube reinforced composite cylindrical shell using differential quadrature method. International Journal of Applied Mechanics, **8** (2016) 1650033. 10.1142/S1758825116500332. https://doi.org/10.1142/S1758825116500332

14. Moradi-Dastjerdi R, Foroutan M, Pourasghar A, Sotoudeh-Bahreini R – Static analysis of functionally graded carbon nanotube-reinforced composite cylinders by a mesh-free method. Journal of Reinforced Plastics and Composites Part A: Applied Science, **32** (2013) 593-601. https://doi.org/10.1177/0731684413476353

15. Doan TN, Thanh NT, Van Chuong P, Tho NC, Ta NT, Nguyen HN – Analysis of stress concentration phenomenon of cylinder laminated shells using higher-order shear deformation Quasi-3D theory. Composite Structures, **232** (2020) 111526. https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.111526

16. Han Y, Elliott J – Molecular dynamics simulations of the elastic properties of polymer/carbon nanotube composites. Computational Materials Science, **39** (2007) 315-323. https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2006.06.011

17. Zhang C-L, Shen H-S – Temperature-dependent elastic properties of single-walled carbon nanotubes: Prediction from molecular dynamics simulation. Applied Physics Letters, **89** (2006) 081904. https://doi.org/10.1063/1.2336622

18. Varadan T, Bhaskar K – Bending of laminated orthotropic cylindrical shells–an elasticity approach. Composite Structures, **17** (1991) 141-156. 10.1016/0263-8223(91)90067-9. https://doi.org/10.1016/0263-8223(91)90067-9

Tran Van Chien
Master
Aiot system joint stock company
Vietnam, Hanoi
tvchien2016@gmail.com

FLUTTER OF A 2D SIMPLY SUPPORTED LAMINATED PANEL IN SUPERSONIC FLOW BY USING HIGH-ORDER SHEAR DEFORMATION THEORY WITH THE TRANSVERSE NORMAL STRESS EFFECT

Abstract. This paper presents the flutter analysis of a laminated panel based on the high-order shear deformation theory with the transverse normal stress effect. The governing equations of motion for the laminated panel were established using Hamilton's principle. The first order piston theory was employed to model the aerodynamics pressures. The Galerkin method was utilized to discretize the differential equations of motions into linear equations. The critical Mach number was determined by solving the eigenvalues problem. Investigation of the influence of thickness-to-length ratio and the influence of Mach number value on panel flutter phenomenon in supersonic flow.

Keyword: flutter, high-order shear plate theory, laminated; panel.

1. Introduction

Panel flutter is self-exited oscillation which may occur during high-speed flight. When the flow velocity reaches a critical value, the vibration response of the structure is divergent. Some reported failures can be attributed to panel flutter, such as those of the German V-2 rockets [1], an F-117A stealth fighter [2]. This phenomenon has received growing interest due to the development of aircraft and missiles which operate at supersonic speeds.

A lot of studies on panel flutter have been conducted based on various different structural and plate theories, amongst which the Kirchhoff plate theory or classical plate theory is the most widely used. Dowell's study [3], which is based on the Kirchhoff plate theory and Galerkin's method provides an overview of the panel flutter phenomenon of isotropic plate. Chowdary [4], Feng-Ming Li [5], V. Birman [6], S. Natarajan [7], In Lee [8], Wei Xia [9] based on the first order shear deformation theory or Midlin theory plate to study flutter. However, Reddy [10] pointed out that the first-order shear deformation theory requires shear correction factors, which are difficult to determine for arbitrarily laminated composite plate structures The shear correction factors depend not only on the lamination and geometric parameters, but also on the loading and boundary conditions.

V. Birman [6], Bogdan Popescu [11] T. Y. Yang and A. D. Han [12], J. Chen và Q. S. Li [13]... used the third order shear deformation theory to study flutter. In these studies, the result is different with the result of other studies based on the classical theory plate and the first order shear deformation theory. However, the third order shear deformation theory which is used in these studies ignored the transverse normal strains and the transverse normal stress.

Transverse deformations are constantly considered using local equations of equilibrium and material homogeneity in other lines of the expansion of the plates theory that are being developed during that time [14, 15]. The findings indicated that there was a significant variation in the stress in the near-boundary area between these investigations and the one based on another plate theory. When compared to those based on other plate theories, the stress is approximate in the area away from the edge.

In the present study, the flutter based on modeling in study [14,15] to considers the effects of the thickness to length ratio, the Mach number on panel flutter phenomenon in supersonic flow. The aerodynamic pressures are modeled by the first order piston theory. The Hamilton's principle is employed to derive the equations of motion. The Galerkin method is used to slove the differential equations of motion.

2. Equations of motion and solving

Consider the 2D laminated panel shown in Fig. 3. The length and thickness are *a* and *h*, respectively. The panel width is considered infinite. It is assumed that the air flowing above the plate is in the positive *x* direction and that the effect of the cavity on the back side of the plate can be neglected.

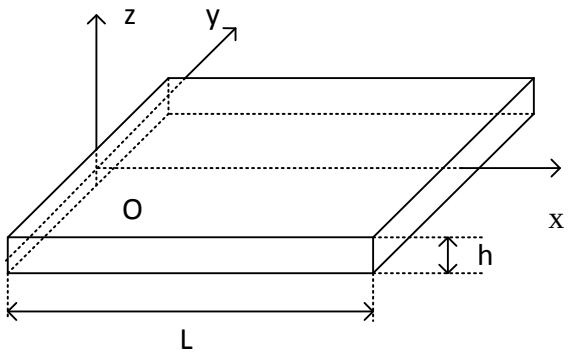


Fig. 1. Model for analyzing the flutter phenomenon of 2D laminated panel

Using the higher-order shear deformation theory, including the effect of transverse normal stress [14], the assumed displacement field of the plate can be described as:

$$u(x,z,t)=U_0(x,t)+zU_1(x,t)+\frac{z^2}{2}U_2(x,t)+\frac{z^3}{6}U_3(x,t)$$
$$w(x,z,t)=W_0(x,t)+zW_1(x,t)+\frac{z^2}{2}W_2(x,t) \quad (1)$$

where *u, w* are displacement in the *x, z* direction.

The strain – displacement relations of the *k*th lamina are expressed as:

$$\varepsilon_{xx}=\frac{\partial u}{\partial x},\ \gamma_{xz}=\frac{\partial u}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial x},\ \varepsilon_{zz}=\frac{\partial w}{\partial z} \quad (2)$$

The stress – strain relations of the *k*th lamina are expressed as

$$\sigma_{xx}=\varepsilon_{xx}Q'_{11}+\varepsilon_{zz}Q'_{13},\ \sigma_{zz}=\varepsilon_{xx}Q'_{31}+\varepsilon_{zz}Q'_{33},\ \tau_{xz}=\gamma_{xz}Q'_{55} \quad (3)$$

where: Q'_{ij} is the stiffness coefficients of the composite laminated plate defined as follows:

$$\begin{cases} Q'_{11}=Q_{11}\cos^4\theta+Q_{22}\sin^4\theta+2(Q_{12}+Q_{66})\sin^2\theta\cos^2\theta \\ Q'_{13}=Q_{12}\cos^2\theta+Q_{23}\sin^2\theta \\ Q'_{31}=Q'_{13} \\ Q'_{33}=Q_{22}; \\ Q'_{55}=\frac{1}{2}(Q_{22}-Q_{23})\sin^2\theta+Q_{66}\cos^2\theta; \end{cases} \quad (4)$$

where θ is the angle of the fiber direction relative to the Ox axis. The stiffness coefficients Q_{ij} are calculated as follows:

$$Q_{11}=\frac{(1-\upsilon_{23}\upsilon_{32})E_1}{1-\upsilon}$$
$$Q_{12}=\frac{(\upsilon_{21}-\upsilon_{31}\upsilon_{23})E_1}{1-\upsilon}=\frac{(\upsilon_{12}-\upsilon_{32}\upsilon_{13})E_2}{1-\upsilon}$$
$$Q_{22}=\frac{(1-\upsilon_{13}\upsilon_{31})E_2}{1-\upsilon}$$
$$Q_{23}=\frac{(\upsilon_{32}-\upsilon_{12}\upsilon_{31})E_2}{1-\upsilon}=\frac{(\upsilon_{23}-\upsilon_{21}\upsilon_{13})E_3}{1-\upsilon}$$
$$Q_{66}=G_{12} \quad (5)$$

The equation of the motion of panel is also formulated by Hamilton's principle:

$$\int_{t_1}^{t_2}(\delta K-\delta U+\delta V)dt=0 \quad (6)$$

where the virtual kinetic energy δK, the virtual strain energy δU, virtual work done by aerodynamic forces δV are given by:

$$\delta K=\int_{\Omega_0}\int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}}(\rho\ddot{u}\delta u+\rho\ddot{w}\delta w)dzdx \quad (7)$$

$$\delta U=\int_{\Omega_0}\int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}}(\sigma_{xx}\delta\varepsilon_{xx}+\tau_{xz}\delta\gamma_{xz}+\sigma_{zz}\delta\varepsilon_{zz})dzdx \quad (8)$$

$$\delta V=\int_{\Omega_0}\Delta p(x)\delta w(x,h/2)dx \quad (9)$$

where Ω_0 is the plate area, ρ is the plate desnity, and dot denotes the derivative with respect to time.

The aerodynamic loading will be assumed to be that of the first order piston [5]:

$$\Delta p(x) = -\frac{2q_\infty}{\beta}\left(\frac{M_\infty^2-2}{M_\infty^2-1}\frac{1}{U_\infty}\frac{\partial w(x,0)}{\partial t}+\frac{\partial w(x,0)}{\partial x}\right) \tag{10}$$

where: $q_\infty = \rho_\infty U_\infty^2/2$ is the dynamic pressure and $\beta = \sqrt{M_\infty^2-1}$

Substituting Eqs. (8) (9) into Eqs. (7), the equation of motion can be obtained as:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial N}{\partial x} &= I_0\ddot{U}_0 + I_1\ddot{U}_1 + \frac{I_2}{2}\ddot{U}_2 + \frac{I_3}{6}\ddot{U}_3 \\
\frac{\partial M^{(1)}}{\partial x} - Q &= I_1\ddot{U}_0 + I_2\ddot{U}_1 + \frac{I_3}{2}\ddot{U}_2 + \frac{I_4}{6}\ddot{U}_3 \\
\frac{\partial M^{(2)}}{\partial x} - P^{(1)} &= \frac{I_2}{2}\ddot{U}_0 + \frac{I_3}{2}\ddot{U}_1 + \frac{I_4}{4}\ddot{U}_2 + \frac{I_5}{12}\ddot{U}_3 \\
\frac{\partial M^{(3)}}{\partial x} - P^{(2)} &= \frac{I_3}{6}\ddot{U}_0 + \frac{I_4}{6}\ddot{U}_1 + \frac{I_5}{12}\ddot{U}_2 + \frac{I_6}{36}\ddot{U}_3 \\
\frac{\partial Q}{\partial x} &= I_0\ddot{W}_0 + I_1\ddot{W}_1 + \frac{I_2}{2}\ddot{W}_2 + \frac{2q_\infty}{\beta}\left(\frac{M_\infty^2-2}{M_\infty^2-1}\frac{1}{U_\infty}\dot{W}_0 + \frac{\partial W_0}{\partial x}\right) \\
\frac{\partial P^{(1)}}{\partial x} - R &= I_1\ddot{W}_0 + I_2\ddot{W}_1 + \frac{I_3}{2}\ddot{W}_2 + \frac{hq_\infty}{\beta}\left(\frac{M_\infty^2-2}{M_\infty^2-1}\frac{1}{U_\infty}\dot{W}_0 + \frac{\partial W_0}{\partial x}\right) \\
\frac{\partial P^{(2)}}{\partial x} - S &= \frac{I_2}{2}\ddot{W}_0 + \frac{I_3}{2}\ddot{W}_1 + \frac{I_4}{4}\ddot{W}_2 + \frac{h^2q_\infty}{4\beta}\left(\frac{M_\infty^2-2}{M_\infty^2-1}\frac{1}{U_\infty}\dot{W}_0 + \frac{\partial W_0}{\partial x}\right)
\end{aligned} \tag{11}$$

The force resultans operator and the mass moments of inertia of Eqs. (11) are calculated by:

$$\begin{aligned}
N &= \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}}\sigma_{xx}dz = \sum_{k=1}^{n}\int_{h_{k-1}}^{h_k}\{\sigma_{xx}\}_k dz,\ Q = \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}}\tau_{xz}dz = \sum_{k=1}^{n}\int_{h_{k-1}}^{h_k}\{\tau_{xz}\}_k dz \\
R &= \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}}\sigma_{zz}dz = \sum_{k=1}^{n}\int_{h_{k-1}}^{h_k}\{\sigma_{zz}\}_k dz,\ S = \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}}\sigma_{zz}zdz = \sum_{k=1}^{n}\int_{h_{k-1}}^{h_k}\{\sigma_{zz}\}_k zdz \\
M^{(j)} &= \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}}\sigma_{xx}\frac{(z)^j}{j!}dz = \sum_{k=1}^{n}\int_{h_{k-1}}^{h_k}\{\sigma_{xx}\}_k\frac{(z)^j}{j!}dz,\ (j=1,2,3), \\
P^{(m)} &= \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}}\tau_{xz}\frac{(z)^k}{\mathrm{m!}}dz = \sum_{k=1}^{n}\int_{h_{k-1}}^{h_k}\{\tau_{xz}\}_k\frac{(z)^k}{\mathrm{m!}},\ (m=1,2). \\
I_i &= \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}}\rho_0(z)^i dz = \sum_{k=1}^{n}\int_{h_{k-1}}^{h_k}\{\rho_0\}_k(z)^i dz,\ (i=0,1,2,...6)
\end{aligned} \tag{12}$$

4. Solution of Motion Equation

Substituting the following non-dimensional variables into Eqs. (11):

$$\begin{aligned}
&\zeta = \frac{z}{h}, \xi = \frac{x}{a}, \bar{t} = \frac{t}{\tau}, \lambda = \frac{2q_\infty a^3}{\beta D}, \tau = a^2\sqrt{\frac{\rho h}{D}}, D = \frac{E_1h^3}{12(1-\upsilon_{12}\upsilon_{21})} \\
&\bar{U}_0 = \frac{U_0}{h},\ \bar{U}_1 = U_1,\ \bar{U}_2 = U_2h,\ \bar{U}_3 = U_3h^2, \bar{W}_0 = \frac{W_0}{h},\ \bar{W}_1 = W_1,\ \bar{W}_2 = W_2h
\end{aligned} \tag{13}$$

Using the Galerkin method to solve Eqs. (11). For 2D simply supported plate, the mode shapes that satisfy the boundary conditions are assumed to be:

$$\overline{U_0}=\sum_{i=1}^{m}\overline{u_{0i}}\cos\left(m\pi\xi\right)e^{\Omega\bar{t}},\ \overline{U_1}=\sum_{i=1}^{m}\overline{u_{1i}}\cos\left(m\pi\xi\right)e^{\Omega\bar{t}}$$
$$\overline{U_2}=\sum_{i=1}^{m}\overline{u_{2i}}\cos\left(m\pi\xi\right)e^{\Omega\bar{t}},\ \overline{U_3}=\sum_{i=1}^{m}\overline{u_{3i}}\cos\left(m\pi\xi\right)e^{\Omega\bar{t}},\tag{14}$$
$$\overline{\mathrm{W}_0}=\sum_{i=1}^{m}\overline{\mathrm{w}_{0i}}\sin\left(m\pi\xi\right)e^{\Omega\bar{t}},\ \overline{\mathrm{W}_1}=\sum_{i=1}^{m}\overline{\mathrm{w}_{1i}}\sin\left(m\pi\xi\right)e^{\Omega\bar{t}},\ \overline{\mathrm{W}_2}=\sum_{i=1}^{m}\overline{\mathrm{w}_{2i}}\sin\left(m\pi\xi\right)e^{\Omega\bar{t}}$$

According to Dowell [16], in order to get quantitative accuracy when researching panel flutter, at least four to six modes should be used. In this study, the first four modes are set aside. Eqs. (14) and (13) are substituted into the equations of motion Eqs. (11) using Galerkin's approach. The resulting equations are then multiplied by the same mode shape and integrated across the 2D panel area. In time, the differential equations of motion transform into linear equations:

$$\left[\mathrm{K}\left(\Omega\right)\right]_{28\times28}\left\{\overline{u_{\mathrm{ij}}},\overline{\mathrm{w}_{\mathrm{kj}}}\right\}^{T}e^{\Omega\bar{t}}=0,\left(i=0..3,\ k=0..2,\ j=1..4\right)\tag{15}$$

To obtain nontrivial solution of Eqs. (15), we must set $\left|\mathrm{K}\left(\Omega\right)\right|=0$. Because $\left[\mathrm{K}\left(\Omega\right)\right]$ is the unsymmetric matrix, the eigenvalues can be express as $\Omega=\Omega_R\pm i\omega$, where Ω_R is the real part of the eigenvalues and ω is the non-dimensional natural frequency. The real or imaginary part of the eigenvalues can be used to determine the critical flutter dynamic pressure. The critical point for the onset of flutter can be identified based on the real part of the eigenvalue, which will change from negative to positive. At the crucial dynamic pressure, the first two natural frequencies converge.

3. Numerical simulations and discussions

a. Verification of the present method

In order to verify the accuracy of present work, we compare the results with those by Li and Song [5], Xue and Mei [17] based on the classical plate theory.

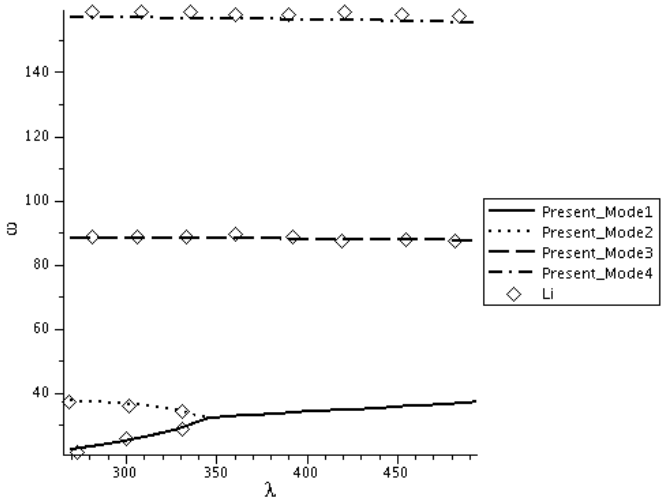
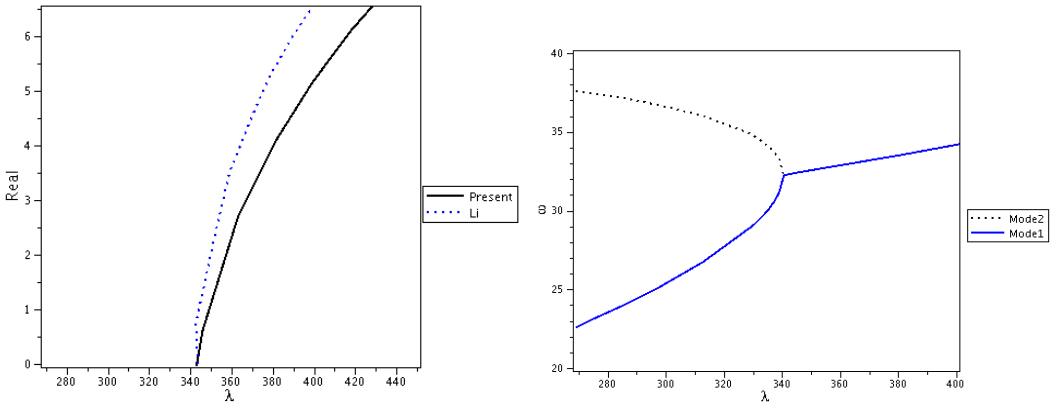


Fig. 2. Comparison of non-dimensional natural frequencies

Figure 2 shows the comparison of the non-dimensional natural frequencies between Li's results [5] and those from the present work. Good agreement can be seen for the reported 4 modes.

Figure 3a shows the variations of the real parts of the eigenvalues obtained by Li and Song [5] and those from the present work. A similar comparison for the non-dimensional natural frequencies while considering the imaginary part of the eigenvalues is provided in Figure 3b. It is seen the critical flutter aerodynamic pressure is $\lambda_{cr}=340,5$. The error between the value of λ_{cr} from the present study and that from the work by Li and Song [5] is about 0,9%. The values of real part of the eigenvalues in present study are smaller than the one from [5]. It is shown that the flutter amplitude in present study increases more quickly.

Based on these comparisons, the validity of the present methodology is confirmed.



a b

Fig. 3. Comparison of the critical flutter aerodynamic pressure of panel in supersonic the real parts of the eigenvalues; b. non-dimensional natural frequencies while considering the imaginary parts of the eigenvalues

a.

Effect of thickness to length ratio

In this section, the effects of the thickness to length ratio on the non-dimensional dynamic pressure and Mach number are studied. The dimesions and metarial properties of the 2D panel are as follows: length a=0,3 m, thickness $h=1{,}92.10^{-3}$ m. The material is High Modulus (HM) Graphite-Epoxy Composite [23] with $E_1=2{,}206.10^{11}$ N.m^{-2}, $E_2= E_3=6{,}894.10^{9}$, $G_{12}= 4{,}826.10^{9}$ N.m^{-2}, $\rho=1633$ kg.m^{-3}, $\upsilon_{12}=\upsilon_{13}=0{,}25$, $\upsilon_{23}=0{,}4$.

Four cases of the thickness to length ratio are studied, including:

Case 1: h/a=0.0048

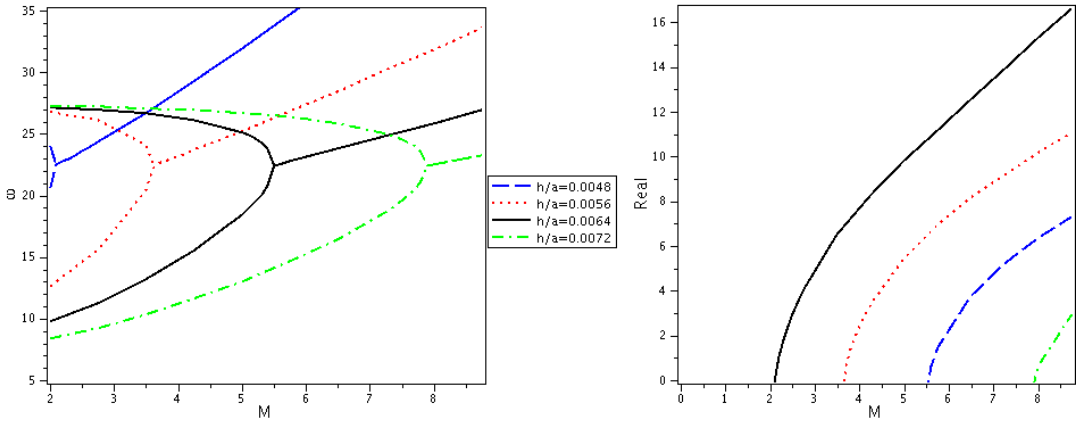
Case 2: h/a=0.0056

Case 3: h/a=0.0064

Case 4: h/a=0.0072

Figure 4a shows the effect of thickness to length ratio on the variations of the non-dimesional natural frenquencies against Mach number. Figure 4b shows the effect of thickness to length ratio on the variations of the real parts of eigenvalues against Mach number.

It is seen that the thickness to length ratio has a great influence on the critical Mach number. At a larger ratio, the critical Mach number is higher. The minimum value of the critial Mach number is found in case 1.



a b

Fig. 4. Effect of thickness to length ratio on the critical flutter Mach number of laminated panel in supersonic:
a – the non-dimesional natural frenquencies; b – real of the eigenvalues

Conduct detailed analysis with case 3, the time history and the phase diagram of a point whose non-dimensional coordinate $\xi = 1/2$ for, $M = 3 < M_{cr}$, $M = 5.48 = M_{cr}$ and $M = 6 > M_{cr}$ are shown in Figures 5-7. The amplitude of the vibration under a given small initial disturbance and motion decreases with time if $\lambda < \lambda_{cr}$, which means the motion is stable. On the contrary, the amplitude increases with time and the motion is unstable if $\lambda > \lambda_{cr}$.

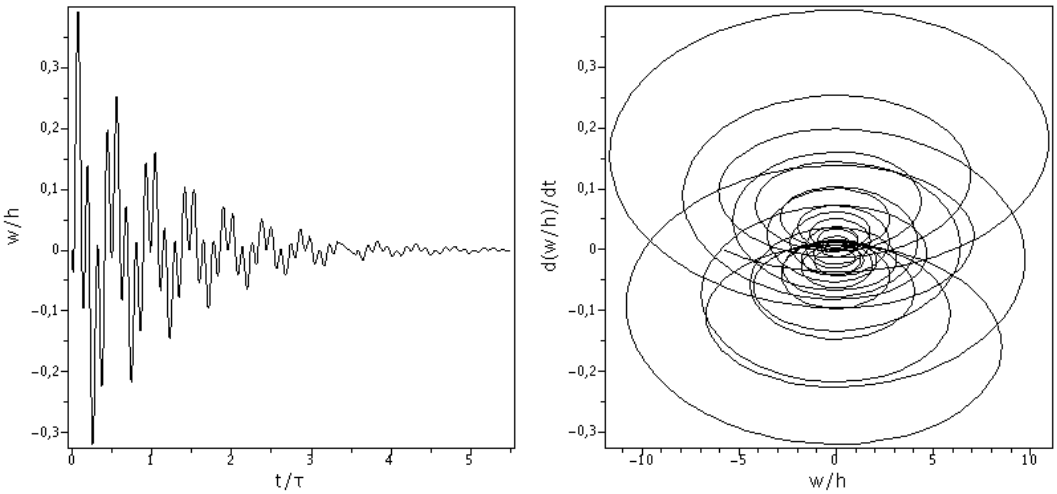


Fig.5. The time history and the phase diagram at $\xi = 1/2$, $M = 3$

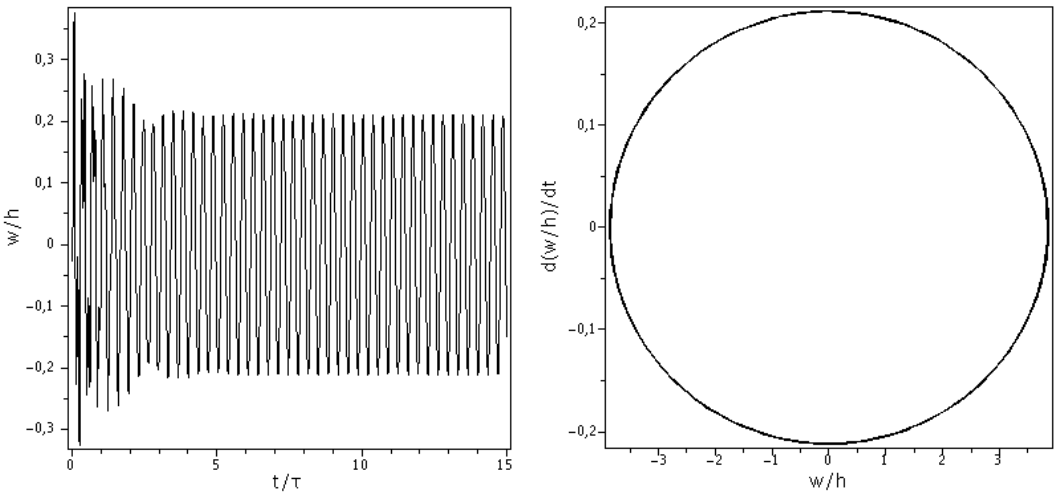


Fig.6. The time history and the phase diagram at $\xi = 1/2$, $M = 5.48$

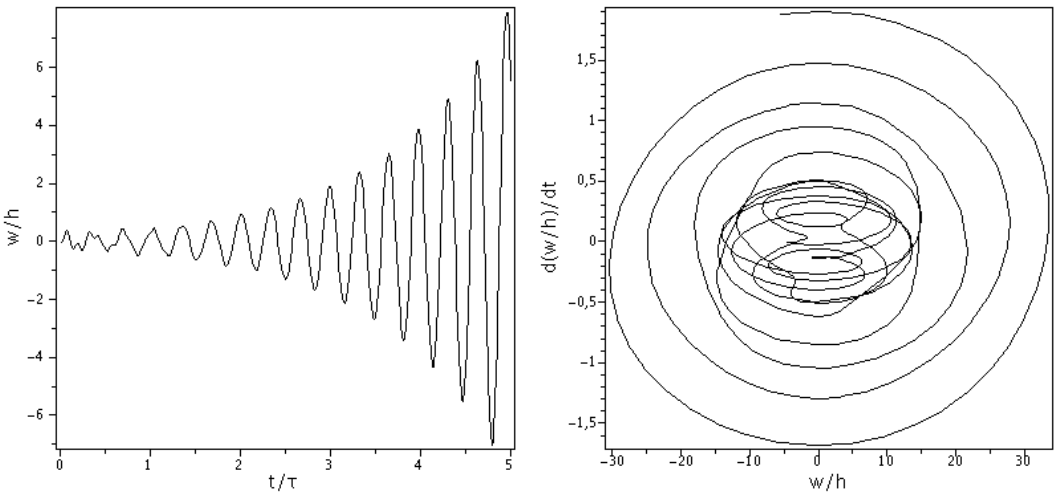


Fig. 7. The time history and the phase diagram at $\xi = 1/2$, $M = 6$

4. Conclusions

The flutter of a simply supported laminated panel were investigated in this study. Based on the high-order shear deformation theory, which is used to include transverse normal stress effect, the governing equations of motion for the laminated panel were established using Hamilton's principle. The first order piston theory was employed to model the aerodynamics pressures. The Galerkin method was utilized to discretize the differential equations of motions into the linear equations. The critical Mach number can be obtained by considering the real parts or imaginary parts of eigenvalues. The result of the present study agree well with those in the reference. The great influences of the thickness to length ratio, the Mach number on the fultter characteristics of the 2D laminated panel were observed. The present investigation is useful for the analyses and designing processes of aeroelastic structural systems.

References

1. R. L. Bisplinghoff, H. Ashley, *Principles of Aeroelasticity*, Wiley, New York, (1962).
2. R. Backer, F-117A structures and dynamics design, In *Plenary Session 8 AIAA Dynamics Specialists Conference*, Dallas, (1992).
3. E. H. Dowell, Panel flutter: a review of the aeroelastic stability of plates and shells, *AIAA Journal*, **8**, (1970), pp.386-399.
4. T.V.R. Chowdary, S.Parthan and P.K. Sinha, Finite element flutter analysis of laminated composite panels, *Computer & Structures*, **53**, No. 2, (1994), pp. 245-251.
5. Feng-Ming Li, Zhi-Guang Song, Aeroelastic flutter analysis for 2D Kirchhoff and Mindlin panel with diffirent boundary conditions in supersonic airflow, *Acta Mech*, Spinger – Verlag Wien (2014).
6. V. Birman, L. Librescu, «Supersonic flutter of shear deformable laminated composite flat panels», Journal of Sound and Vibration, vol. **139**, no. 2, pp. 265-275, 1990.
7. S. Natarajan, M. Ganapathi, S. Bordas, «Supersonic flutter analysis of thin cracked functionally graded material plates», Numerical Analysis, 19 page, 2012.
8. IN LEE and MAENG-HYO CHO, «Supersonic flutter analysis of clamped symmetric composite panels using shear deformable finite elements», AIAA Journal, Vols. 29, No.5, pp. 782-783, 1991.
9. Wei Xia, Qiao Ni, «Parametric study on supersonic flutter of angle-ply laminated plates using shear deformable finite element method», Acta Mechanica Sinica, p. 27:749, 2011.
10. J. N. Reddy, Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells: Theory and Analysis Second Edition, CRC Press, 2004.
11. J. Chen and Q. S. Li., Analysis of Flutter and Nonlinear Dynamics of a Composite Laminated Plate, *International Journal of Structural Stability and Dynamics*, **16,** (2016) 1550019 (20 pages)
12. B. Popescu, «Deteriorated Geometrical Stiffness for Higher Order Finite Elements with Application to Panel Flutter», Nonlinear Dynamics, vol. 18, pp. 89-103, 1999.
13. T. Y. YANG and A. D. HAN, «Nonlinear panel flutter using high-order triangular finite elements», AIAA Jouranl, vol. 21 No.10, pp. 1453-1461, 1983.
14. Van Quang Duong a, Ngoc Doan Tran a, Doan Trac Luat b, Do Van Thom (2022). Static analysis and boundary effect of FG-CNTRC cylindrical shells with various boundary conditions using quasi-3D shear and normal deformations theory. *Structures*, 44, pp. 828-850
15. Phon ND, Doan TN, Van Quang D, Van Minh P (2024). Thermoelastic analysis of FG-CNTRC cylindrical shells with various boundary conditions and temperature-dependent characteristics using quasi-3D higher-order shear deformation theory. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*. doi:10.1177/08927057241274332
16. E.H. Dowell, Nonlinear oscillations of fluttering plate, *AIAA Journal*, **5**, (1967), pp.1856-1862.
17. D.Y. Xue, C. Mei, Finite element nonlinear flutter and fatigue life of two dimensional panels with temperature effects, *Journal of Aircraft*, **30**, No.6, (1993), pp.993-1000
18. Akindapo Jacob Olaitan*, Johnson-Anamemena Nnaemeka, Garba Danladi King, Graphite-Epoxy Composite Design for Aircraft Wing Skin Using Computational Techniques – Part II, *American Journal of Mechanical Engineering*, Vol. **5**, No. 5 (2017), pp.175-198

Имангулова А.И.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
alimangulova@mail.ru
Вячеславова О.Ф.
д.т.н., профессор кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vyache-smis@mail.ru

ПРОБЛЕМА НЕСОГЛАСОВАННОСТИ МЕТОДИК ОТБОРА ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ АНКЕРОУСТАНОВЩИКОВ: АНАЛИЗ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается проблема, связанная с различиями в методиках отбора образцов для испытаний пневматических анкероустановщиков, регламентируемых стандартами ГОСТ 12.2.003-91 и ГОСТ 31610.0-2019, ответственными за общую и взрывобезопасность соответственно. Проанализированы методологические различия указанных стандартов в части отбора образцов и обусловленные этим негативные последствия для производителей и испытательных лабораторий, включая увеличение затрат и усложнение логистики процесса сертификации. Обоснована необходимость разработки унифицированной методики отбора образцов, которая обеспечит возможность проведения всесторонних испытаний, отвечающих требованиям обоих стандартов. Предложены пути реализации данной инициативы, включая создание рабочей группы и поэтапную разработку и апробацию общей методики. Сделан вывод о том, что унификация методик отбора образцов позволит оптимизировать процесс сертификации, повысить надежность результатов испытаний и способствовать общему повышению безопасности пневматических анкероустановщиков.

Ключевые слова: пневматические анкероустановщики, отбор образцов, методики испытаний, безопасность, стандарты, ГОСТ 12.2.003-91, ГОСТ 31610.0-2019, технические регламенты, сертификация, унифицированная методика, взрывобезопасность, промышленная безопасность.

Imangulova A.I.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
alimangulova@mail.ru
Vyacheslavova O.F.
Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vyache-smis@mail.ru

THE PROBLEM OF INCONSISTENCY IN SAMPLING METHODS FOR TESTING PNEUMATIC ANCHORS: ANALYSIS AND SOLUTIONS

Abstract. The article discusses the problem related to differences in sampling methods for testing pneumatic anchorers regulated by GOST 12.2.003-91 and GOST 31610.0-2019 standards responsible for general and explosion safety, respectively. The methodological differences between these standards in terms of sampling and the resulting negative consequences for manufacturers and testing laboratories, including increased costs and more complicated logistics of the certification process, are analyzed. The necessity of developing a unified sampling methodology is substantiated,

which will ensure the possibility of conducting comprehensive tests that meet the requirements of both standards. Ways of implementing this initiative are proposed, including the creation of a working group and the step-by-step development and testing of a common methodology. It is concluded that the unification of sampling methods will optimize the certification process, increase the reliability of test results, and contribute to an overall increase in the safety of pneumatic anchors.

Keywords: pneumatic anchor bolters, sample selection, testing methods, safety, standards, GOST 12.2.003-91, GOST 31610.0-2019, technical regulations, certification, unified methodology, explosion safety, industrial safety.

Пневматические анкероустановщики являются неотъемлемой частью современного промышленного оборудования и широко применяются в различных отраслях: от строительства и горнодобывающей промышленности до машиностроения и энергетики. Обеспечение безопасности их эксплуатации, ввиду потенциальных рисков, связанных с работой в сложных условиях, является важной задачей подтверждения качества продукции на территории Российской Федерации.

Подтверждение соответствия пневматических анкероустановщиков осуществляется в рамках Технических Регламентов Таможенного Союза, а именно: ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования» и ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» и регламентируется рядом нормативных документов, среди которых, ключевыми являются межгосударственный стандарт ГОСТ 12.2.003-91 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности» и межгосударственный стандарт ГОСТ 31610.0-2019 «Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования». Подтверждение соответствия происходит путем проведения испытаний по вышеуказанным стандартам и последующей выдачей документов о соответствии продукции указанным регламентам.

Однако, на практике часто возникает проблема, связанная с различиями в методиках отбора образцов для испытаний по указанным стандартам. Данное обстоятельство не только может усложнить процесс подтверждения соответствия, но и снизить эффективность контроля безопасности оборудования, что будет является критическим фактором, в условиях, требующих учета как общих, так и специфических рисков, например, во взрывоопасных средах.

В данной статье рассматривается проблема разрозненных методик отбора образцов пневматических анкероустановщиков, анализируются причины ее возникновения и негативные последствия, а также обосновывается необходимость разработки общей, унифицированной методики, способной обеспечить отбор образцов, пригодных для всесторонних испытаний, отвечающих требованиям обоих стандартов.

Анализ существующих стандартов по безопасности труда

Первым этапом исследования, необходимо четко разграничить цели и методологические подходы, заложенные в основу каждого из рассматриваемых стандартов.

1. ГОСТ 12.2.003-91: Общая безопасность как приоритет.

Данный стандарт является основополагающим в системе стандартов безопасности труда и определяет общие требования безопасности к производственному оборудованию различных видов, используемому во всех отраслях промышленности. Его целью является обеспечение общей безопасности эксплуатации, направленной на создание безопасных условий труда для персонала, работающего с оборудованием.

Для испытаний по ГОСТ 12.2.003-91 методика отбора образцов обычно направлена на представительность партии продукции. Выборка осуществляется таким образом, чтобы образцы в ней типично отражали характеристики серийно выпускаемого оборудования. Главная цель – убедиться, что среднестатистический экземпляр оборудования соответствует общим требованиям безопасности. Акцент делается на статистической достоверности результатов для партии в целом.

Испытания по ГОСТ 12.2.003-91 чаще всего направлены на проверку работоспособности и безопасности в нормальных условиях эксплуатации, а также на оценку типичных уровней опасных факторов (шум, вибрация, пожары и т.д.).

2. ГОСТ 31610.0-2019: Взрывобезопасность как критический фактор.

В свою очередь, ГОСТ 31610.0-2019 (гармонизированный с международным стандартом IEC 60079-0) устанавливает общие требования к оборудованию, предназначенному для работы во взрывоопасных средах. Основная цель этого стандарта – обеспечение взрывобезопасности, то есть исключение возможности воспламенения взрывоопасной атмосферы от искр, нагретых поверхностей или других источников воспламенения, связанных с функционированием оборудования.

Для испытаний по ГОСТ 31610.0-2019 методика отбора образцов зачастую более жесткая. Здесь важно убедиться, что большинство экземпляров серийно произведенного оборудования соответствуют требованиям взрывобезопасности. В данном случае выборки могут осуществляться из разных партий, разных моделей оборудования, произведенных в разные временные промежутки. Риск взрыва требует максимальной надежности и исключения любых дефектов, которые могут привести к искрению, нагреву или другим источникам воспламенения. Методика отбора может включать отбор образцов для разрушающих испытаний, для проверки предельных параметров, и даже покомпонентный контроль критически важных элементов взрывозащиты.

Испытания по ГОСТ 31610.0-2019 направлены на проверку исключения источников воспламенения в различных режимах работы, включая аварийные и предельные условия. Могут осуществляться разрушающие испытания, проверка предельных параметров, а также покомпонентный контроль критически важных элементов взрывозащиты. Проверяется эффективность взрывозащитных мер, устойчивость к внешним воздействиям, и надежность всех элементов взрывозащиты.

Важно понимать, что два Технических Регламента, и сопряженные с ними стандарты, регулируют разные аспекты безопасности и предназначены для разных условий эксплуатации оборудования. Пневматические анкероустановщики, как и любое другое производственное оборудование, могут использоваться в различных условиях:

1. Обычные производственные условия (без взрывоопасности). Например, на строительных площадках, в машиностроительных цехах, при монтажных работах, где нет риска образования взрывоопасной атмосферы. В таких случаях основным является обеспечение общей безопасности, и оборудование будет испытываться на соответствие ГОСТ 12.2.003-91.

2. Взрывоопасные среды. Например, при проведении работ в шахтах угольной промышленности, в рудниках, на нефтегазовых объектах, на химических предприятиях, на предприятиях по переработке зерна и муки, где существует потенциальная опасность взрыва. В этих случаях ключевым становится обеспечение взрывобезопасности, и оборудование обязательно должно соответствовать требованиям ГОСТ 31610.0-2019 (и Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах», который базируется на стандартах серии ГОСТ 31610).

Наличие двух технических регламентов, освещающих различные аспекты требований по технике безопасности, диктует необходимость оформлять на продукцию два сертификата (по ТР ТС 010 и ТР ТС 012), которые регламентируют эксплуатацию пневматических анкероустановщиков при различных условиях и не перекрывают требования друг друга, а лишь дополняют их с разных позиций.

Основываясь на анализе двух вышеописанных стандартов, можно сказать, что существование двух различных методик отбора образцов для испытаний пневматических анкероустановщиков порождает ряд серьезных проблем и негативных последствий.

Производителям, стремящимся обеспечить соответствие своей продукции требованиям безопасности в различных условиях эксплуатации (как в обычных, так и во взрывоопасных средах), вынуждены проходить две отдельные процедуры отбора образцов. Это приводит к значительному увеличению издержек и продолжительности процесса сертификации, что является существенным барьером, особенно для малых и средних предприятий.

Различные требования к количеству и типу образцов, отличающиеся критерии приемки, разнородные методики испытаний – все это создает значительную сложность и путаницу для производителей и испытательных лабораторий. Необходимость применения различных

методик отбора образцов создает дополнительные логистические сложности для производителей, связанные с организацией двух отдельных процессов отбора, транспортировки и хранения образцов. Испытательные лаборатории также сталкиваются с необходимостью поддерживать компетенции и ресурсы для проведения испытаний по обеим методикам, что также увеличивает их издержки.

В сложившейся ситуации, разработка общей, унифицированной методики отбора образцов для испытаний пневматических анкероустановщиков, представляется крайне необходимой задачей. Создание такой методики позволит изготовителям и заявителям уменьшить экономические издержки в процессе подтверждении соответствия продукции, особенно для малого и среднего предпринимательства. Также оптимизация процедуры отбора образцов, при сохранении строгости и объективности испытаний, создаст благоприятные условия для производителей, ориентированных на выпуск безопасной и качественной продукции. Это, в свою очередь, должно способствовать повышению общего уровня безопасности пневматических анкероустановщиков, представленных на рынке.

Органам по сертификации и испытательным лабораториям разработка унифицированной методики поможет повысить эргономику складских помещений и эффективность человеческих ресурсов. Более того, унифицированная методика отбора образцов обеспечит четкость и однозначность требований к отбору образцов, минимизируя риск неправильной интерпретации нормативных документов и связанных с этим ошибок. Это повысит надежность и воспроизводимость результатов сертификационных испытаний.

Важно отметить, что при всех положительных аспектах данной методики отбора образцов, удовлетворяющей требованиям как ГОСТ 12.2.003-91, так и ГОСТ 31610.0-2019, ее разработка представляет собой сложную, но вполне решаемую задачу. В основу такой методики должны быть положены ключевые принципы и подходы подтверждения соответствия на территории Российской Федерации.

Унифицированная методика может увеличить общее количество отбираемых образцов, чтобы обеспечить статистическую значимость результатов для испытаний на общую безопасность (ГОСТ 12.2.003-91) и одновременно гарантировать представительность для испытаний на взрывобезопасность (ГОСТ 31610.0-2019). Методика может также предусматривать отбор образцов различных типов (готовые изделия, узлы, компоненты) для проведения различных видов испытаний.

Общая методика должна содержать четкие и однозначные критерии для приемки и браковки отобранных образцов, исключающие субъективность и обеспечивающие объективность процесса отбора. Критерии должны быть основаны на нормативных требованиях, технических спецификациях и устоявшихся практиках в области отбора образцов для испытаний промышленного оборудования.

Реализация идеи разработки общей методики отбора образцов представляется трудоемким процессом и должна требовать скоординированных усилий со стороны различных заинтересованных сторон, включая:

1. Формирование рабочей группы из представителей органов по стандартизации, испытательных лабораторий, производителей пневматических анкероустановщиков и экспертов в области безопасности труда и взрывобезопасности.

2. Глубокий анализ действующих методик отбора образцов, применяемых в рамках ГОСТ 12.2.003-91 и ГОСТ 31610.0-2019, выявление их сильных и слабых сторон, а также областей пересечения и противоречий.

3. Разработку проекта общей методики отбора образцов, учитывающей специфику пневматических анкероустановщиков и требования обоих стандартов.

4. Организацию пилотных испытаний с применением разработанной общей методики отбора образцов на реальных образцах пневматических анкероустановщиков различных типов и областей применения. Апробация методики в различных испытательных лабораториях и сбор отзывов от производителей и экспертов.

5. Доработку и усовершенствование методики по результатам пилотных испытаний и апробации. Формализация общей методики в виде дополнения к существующим стандартам

или разработки нового нормативного документа (например, методических рекомендаций, стандарта организации или документированной процедуры).

6. Проведение информационной кампании для ознакомления производителей, испытательных лабораторий и органов по сертификации с разработанной общей методикой отбора образцов. Организация обучающих семинаров и тренингов для специалистов, занимающихся сертификацией пневматических анкероустановщиков.

Резюмируя, важно отметить, что разрозненность методик отбора образцов для испытаний пневматических анкероустановщиков представляет собой препятствие, на пути к созданию эффективной и эргономичной системы подтверждения соответствия требованиям безопасности. Разработка и внедрение общей, унифицированной методики отбора образцов является одним из ключевых факторов для решения данной проблемы. Такая методика позволит упростить и удешевить процесс сертификации, повысить надежность и объективность результатов испытаний, стимулировать производителей к выпуску более безопасного и качественного оборудования, и в конечном итоге – повысить уровень безопасности труда и защиты жизни и здоровья работников в различных отраслях промышленности. Реализация данной инициативы требует скоординированных усилий со стороны экспертного сообщества, органов по стандартизации и сертификации, и, безусловно, принесет значительные выгоды как производителям, так и потребителям пневматических анкероустановщиков, способствуя созданию более безопасной и эффективной рабочей среды.

Список литературы

1. ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности: издание официальное: введен впервые: дата введения 1992-07-01. – Москва: СТАНДАРТИНФОРМ, 2008. – URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294849/4294849766.pdf?ysclid=m7esxukic7143831310 (дата обращения: 21.02.2025).

2. ГОСТ 31610.0-2019/IEC 60079-0:2017. Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования: издание официальное: введен в действие 2020-12-01. – Москва: Стандартинформ, 2020. – URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293725/4293725365.pdf?ysclid=m7et0kbptt524875421 (дата обращения: 21.02.2025).

3. ТР ТС 010/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности машин и оборудования: принят Решением Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 г. № 823 – Москва: Евразийская экономическая комиссия, 2011. – URL: https://polytech-group.com/upload/iblock/780/8ehk9lguj6vj499qdzh8bb6qk5tc2gzs.pdf?ysclid=m7et3w5ts6174416658 (дата обращения: 21.02.2025).

4. ТР ТС 012/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах: принят Решением Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 г. № 825 – Москва: Евразийская экономическая комиссия, 2011. – URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293800/4293800144.pdf?ysclid=m7et4iuhdd141220812 (дата обращения: 21.02.2025).

5. Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 N 184-ФЗ (последняя редакция) // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/ (дата обращения: 21.02.2025).

6. Сергеев, А. Г. Управление качеством образования. Документирование систем менеджмента качества: учебник для вузов / А. Г. Сергеев. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 158 с. – URL: https://urait.ru/viewer/upravlenie-kachestvom-obrazovaniya-dokumentirovanie-sistem-menedzhmenta-kachestva-566630#page/1 (дата обращения: 21.02.2025).

7. Схиртладзе, А.Г. Надежность и испытания технических систем: учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.Е. Родионов, А.В. Кузьмин. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 288 с. – URL: https://thelib.net/3169014-nadezhnost-i-diagnostika-tehnologicheskih-sistem.html?ysclid=m7etab87yp509204276 (дата обращения: 21.02.2025).

Мааодхах Абдулрахман Ясер Салех
аспирант,
Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы,
Россия, Москва
1032225362@pfur.ru
Фролов М.Ю.
к.т.н., доцент кафедры «Энергетическое машиностроение»,
Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы,
Россия, Москва
frolov_myu@pfur.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК ЗА СЧЕТ ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА ПЕРЕД КОМПРЕССОРОМ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ СТОЛИЦЫ ЮЖНОЙ АРАВИИ (Г. АДЕН)

Аннотация. Газотурбинные установки широко применяются для выработки электроэнергии, особенно в регионах с дефицитом водных ресурсов. В условиях жаркого и влажного климата Южной Аравии (г. Аден) эффективность газотурбинных установок значительно снижается из-за высокой температуры окружающего воздуха. В статье рассмотрены климатические характеристики региона, дано теоретическое описание термодинамического цикла газовой турбины и определено как параметры воздуха влияют на основные характеристики установки. Проведён сравнительный анализ методов охлаждения воздуха перед компрессором и даны рекомендации по выбору оптимальной для условий г. Аден системы охлаждения воздуха перед компрессором газовой турбины.

Ключевые слова: ГТУ, цикл Брайтона, охлаждение воздуха, компрессор, КПД, Южная Аравия, климат.

Maadhah Abdulrahman Yaser Saleh
Postgraduate Student
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba
Russia, Moscow
1032225362@pfur.ru
Frolov M.Yu.
Ph.D., Associate Professor of the Department of Power Engineering
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba
Russia, Moscow
frolov_myu@pfur.ru

INCREASING THE EFFICIENCY OF GAS TURBINE PLANTS BY COOLING THE AIR BEFORE THE COMPRESSOR IN THE CLIMATIC CONDITIONS OF THE CAPITAL OF SOUTH ARABIA (ADEN)

Abstract. Gas turbine units are widely used for power generation, especially in regions with water shortage. In the hot and humid climate of South Arabia (Aden), the efficiency of gas turbine units is significantly reduced due to the high ambient air temperature. The article examines the climatic characteristics of the region, provides a theoretical description of the thermodynamic cycle of a gas turbine and determines how air parameters affect the main characteristics of the installation. A comparative analysis of the methods of air cooling before the compressor is carried out and recommendations are given for choosing the optimal system for cooling air before the compressor of a gas turbine for the conditions of Aden.

Keywords: GTU, Brayton cycle, air cooling, compressor, efficiency, South Arabia, climate.

Газотурбинные установки (ГТУ) являются одними из наиболее востребованных источников энергии благодаря своей компактности, высокой удельной мощности и возможности

быстрой пусковой готовности. Однако в жарком климате их эффективность может существенно снижаться. В частности, высокая температура окружающего воздуха приводит к снижению плотности воздуха на входе в компрессор, что влечёт за собой уменьшение массы рабочего тела и, соответственно, мощности установки.

Согласно данным последних исследований, потери мощности ГТУ в условиях высоких температур могут достигать 20–30%. В литературе [2-4] отмечается, что предварительное охлаждение воздуха способно существенно улучшить параметры работы турбины. Существуют различные подходы, включая испарительное охлаждение, чиллерные установки и абсорбционные охладители.

Целью данной статьи является исследование влияния предварительного охлаждения воздуха перед компрессором на показатели экономичности ГТУ в климатических условиях г. Аден.

Для этого необходимо:

- Описать термодинамическую модель ГТУ;
- Изучить температурно-влажностный режим региона;
- Провести теоретический анализ и рассчитать изменение характеристик ГТУ в зависимости от климата;
- Предложить практические рекомендации по реализации систем охлаждения.

Теоретическое обоснование влияния охлаждения воздуха на характеристики ГТУ

Работа газотурбинной установки напрямую зависит от параметров окружающей среды, в частности – от температуры воздуха на входе в компрессор. Конструктивно газовая турбина состоит из нескольких основных элементов – компрессора, камеры сгорания и турбины (рис. 1).

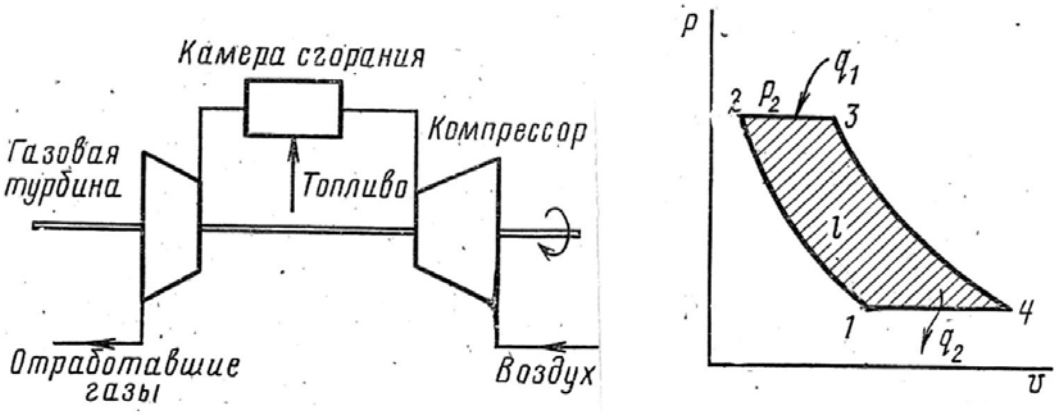


Рис. 1. Тепловая схема и термодинамический цикл ГТУ

ГТУ работает по открытому термодинамическому циклу Брайтона, состоящего из двух изобар и двух адиабат. Термический КПД цикла определяется по уравнению

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{C_p(T_4 - T_1)}{C_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}, \quad (1)$$

или же, если учесть связь между изменением давления и температуры для адиабатических процессов, по формуле

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\pi^{\frac{k-1}{k}}}, \quad (2)$$

где $\pi = p_{2\text{-}3}/p_{1\text{-}4}$ – степень повышения давления в компрессоре ГТУ, k – показатель адиабаты, для воздуха равный 1,4.

Температура воздуха на выходе из компрессора определяется по формуле $T_2 = T_1\left(1 + \frac{\pi^{\frac{k-1}{k}}}{\eta_к}\right)$, где $\eta_к$ – к.п.д. компрессора ГТУ.

К.п.д. установки также может быть вычислен по формуле

$$\eta_t = \frac{L_т - L_к}{Q_1}, \quad (3)$$

где $L_т = \frac{k_г}{k_г - 1} R_г (T_3 - T_4)$ – относительная работа турбины, $L_к = \frac{k_в}{k_в - 1} R_в (T_2 - T_1) = \frac{k_в}{k_в - 1} R_в T_1 \cdot \frac{\pi^{\frac{k-1}{k}}}{\eta_к^*}$ – относительная работа компрессора (4)

Анализируя влияния параметров на величину к.п.д. цикла Брайтона по уравнению (3), можно отметить, что к.п.д. установки увеличивается при снижении относительной работы компрессора, то есть при уменьшении температуры воздуха перед ним и степени повышения давления согласно уравнению (4). Также следует отметить, что работа компрессора и турбины определяется объёмным расходом рабочего тела, а мощность зависит от массового расхода. При росте температуры плотность воздуха уменьшается, и соответственно снижается вырабатываемая ГТУ мощность.

Климатические условия г. Аден и их влияние на работу ГТУ

Статистика по климату в столице Южной Аравии (г. Аден) приведена в таблице 1 и рис. 2 [6].

Таблица 1

Средние температуры в Адене по месяцам [6]

Месяцы Температура, °С	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек.
Максимальная	27	28	29	31	33	35	34	34	34	32	30	28
Средняя	26	26	27	29	31	32	32	31	31	29	27	26
Минимальная	24	24	25	27	29	30	30	29	29	26	25	24

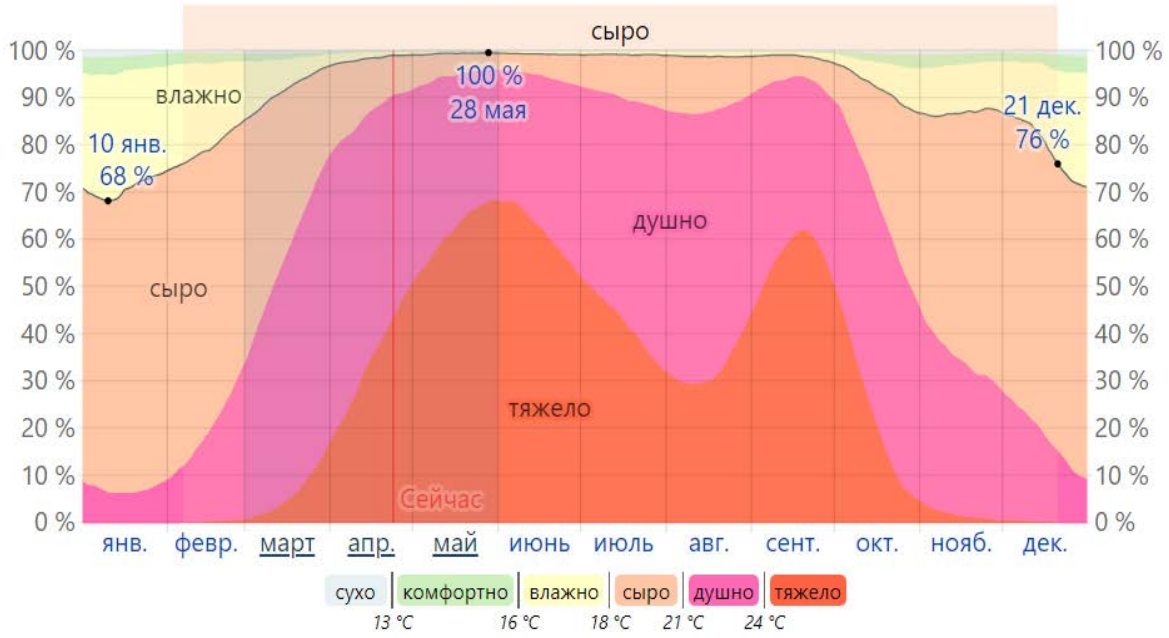


Рис. 2. Уровень влажности в г. Аден [9]

Данные показывают, что среднемесячная температура в течение года изменяется от 26 до 32 °С, при минимальной дневной температуре 24 °С и максимальной 35 °С.

Для определения влияния температуры воздуха на изменение экономичности и мощности ГТУ был выполнен тепловой расчет одновальной ГТУ, схема которой представлена на рис. 1, по методике [5]. Электрическая мощность установки для нормальных условий была принята равной 20 тыс. кВт.

Результаты расчета в зависимости от температуры наружного воздуха приведены в таблице 2.

Таблица 2

Зависимость параметров ГТУ от температуры наружного воздуха

Параметр	Температура наружного воздуха, °С					
Т-ра нар. воздуха t, °С	+15	+20	+25	+30	+35	+40
Относит. мощность N_E^-	1	0.981	0.962	0.944	0.925	0.907
Мощность N_e, кВт	20000	19620	19255	18872	18504	18149
К.п.д. ГТУ η_e	0.3376	0.3355	0.3335	0.3313	0.3290	0.3269

Из них видно, что при повышении температуры воздуха до 40 °С происходит снижение мощности ГТУ на 9,3%, а к.п.д. на 1,07% относительно нормальных условий, поэтому применение охлаждения воздуха перед ГТУ для условий г. Аден является актуальной задачей.

Из существующих решений для данного климата полностью не подходит использование испарительных установок из-за высокой влажности. Выбор способа охлаждения производится между чиллерными установками и абсорбционными охладителями. Абсорбционные установки требуют высоких капитальных затрат и применения в качестве рабочего тела аммиака или иных опасных веществ. Чиллерные установки более дешевы и безопасны в эксплуатации, но менее экономичны. Для условий территории Йемена, где есть дефицит квалифицированного персонала и ограничены финансовые ресурсы, более подходит использование для охлаждения воздуха перед ГТУ чиллерных установок.

Проведённый анализ показал, что внедрение систем охлаждения воздуха перед компрессором может увеличить мощность ГТУ на 9,3%, а к.п.д. более чем на 1%. Особенно актуально это в летние месяцы, когда наблюдается дефицит электроэнергии. Среди рассмотренных вариантов систем охлаждения наиболее оправданно использование чиллерных установок, также возможно применение систем с использованием абсорбционного охлаждения, где возможно использование избыточного тепла установки.

Список литературы

1. Бобров А. А., Шахназаров В. Г. Газотурбинные установки: Учебник. – М.: Машиностроение, 2015. – 328 с.

2. Ibrahim T.K., Rahman M.M., Abdalla A.N. Improvement of gas turbine performance based on inlet air cooling systems: A review. – Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011, Vol. 15, Issue 9, pp. 4789–4805.

3. Ameri M., Hejazi S.H. The study of capacity enhancement of the Chabahar gas turbine installation using an absorption chiller. – Applied Thermal Engineering, 2004, 24(1), pp. 59-68

4. El-Masri M.A. Parametric study of the effect of inlet fogging on gas turbine performance. – ASME Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 1998.

5. Барский И.А., Орехов В.К. Методическое руководство к выполнению расчетов по теме «Расчет одно- и двухвальных газотурбинных двигателей». – М.: Изд-во РУДН, 1997. – 16с.

6. Климатические данные по Адену (Йемен) weather spar.Текст: электронный[сайт], URL: https://ru.weatherspark.com/y/103675/Обычная-погода-в-Аден-Йемен-весь-год (дата обращения: 28.04.2025).

7. ASHRAE Handbook – HVAC Applications. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2021.

Исаев Р.А.
аспирант,
НИТУ МИСИС,
Россия, Москва
1236_1999@mail.ru
Хунузиди Е.И.
к.т.н, доцент кафедры стандартизации и аналитического контроля,
НИТУ МИСИС,
Россия, Москва
el_hun@mail.ru

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В УПРАВЛЕНИИ: СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ВНЕДРЕНИЮ И ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. В последние годы искусственный интеллект (ИИ) стал неотъемлемой частью современного управления, открывая новые горизонты для повышения эффективности и инновационности организационных процессов.

В условиях стремительных изменений на рынке и растущей конкуренции компании сталкиваются с необходимостью адаптации и оптимизации своих бизнес-моделей. Внедрение ИИ представляет собой не только технологический шаг вперед, но и стратегическую необходимость, позволяющую организациям оставаться на передовой в своей отрасли.

Однако успешная интеграция ИИ требует системного подхода, который учитывает как технические, так и организационные аспекты, такие как анализ существующих процессов, определение областей для улучшения, а также разработку четкой стратегии внедрения и оценки результатов.

В данной статье рассматриваются ключевые принципы системного подхода к внедрению ИИ, а также основные вызовы, с которыми могут столкнуться организации.

Ключевые слова: системный подход, управление рисками, оптимизация процессов, инновации, искусственный интеллект.

Isaev R.A.
Postgraduate Student
NUST MISIS
Russia, Moscow
1236_1999@mail.ru
Hunuzidi E.I.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization and Analytical Control
NUST MISIS
Russia, Moscow
el_hun@mail.ru

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MANAGEMENT: A SYSTEMATIC APPROACH TO PROCESS IMPLEMENTATION AND OPTIMIZATION

Abstact. In recent years, artificial intelligence (AI) has become an integral part of modern management, opening up new horizons for improving the efficiency and innovation of organizational processes.

In the context of rapid market changes and growing competition, companies are faced with the need to adapt and optimize their business models. The introduction of AI represents not only a technological step forward, but also a strategic necessity that allows organizations to stay at the forefront of their industry.

However, successful AI integration requires a systematic approach that takes into account both technical and organizational aspects, such as analyzing existing processes, identifying areas for improvement, and developing a clear implementation strategy and evaluating results.

This article discusses the key principles of a systematic approach to the implementation of AI, as well as the main challenges that organizations may face.

Keywords: system approach, risk management, process optimization, innovation, artificial intelligence.

Внедрение современных технологий в бизнес-процессы организации стало не просто преимуществом, а необходимым условием для сохранения конкурентоспособности и стабильного роста. Основным фактором такого прогресса могут выступать возможности, которые предоставляет искусственный интеллект (далее – ИИ).

Однако многие организации, стремясь повысить свою эффективность, сталкиваются с проблемами внедрения ИИ, которые часто возникают из-за недостатка комплексного понимания процессов и взаимосвязей внутри организации. В результате этого, несмотря на значительные инвестиции в технологии, результаты могут оказаться неэффективными или даже негативными. Поэтому интеграция ИИ в управленческие и производственные процессы представляет собой не только технологическую, но и стратегическую задачу, требующую комплексного подхода.

Одним из таких подходов является системный подход, который основывается на всестороннем анализе организации, учитывает её цели, задачи, процессы и ресурсы, а также влияние внешних факторов.

Определение понятия «искусственный интеллект», с которым согласились бы все специалисты, пока не выработано. От простой информационной системы (системы обработки информации) ИИ система отличается демонстрируемыми ею минимум тремя свойствами:

1) огромным объемом данных или специфических знаний, использованных при разработке;

2) способностью системы создавать «ноу-хау» (новые знания, идеи, технологии) в процессе работы;

3) степенью формальной неопределенности результатов [1].

Итак, ИИ – это искусственно созданная система, демонстрирующая обучаемость, автономность, креативность и рациональность в своих решениях, способная действовать в виртуальном пространстве и влиять на физический мир.

Преимущества и риски использования ИИ

В настоящее время технологии ИИ применяются практически во всех секторах промышленности, включая как добывающую, так и обрабатывающую: в аэрокосмической отрасли, металлургии, энергетическом и химическом секторах, а также в машиностроении и обработке металлов.

Более того, по прогнозам долгосрочного социально-экономического развития, недостаточное внедрение ИИ-технологий может замедлить научно-технический прогресс стран и привести к их экономическому и технологическому отставанию.

Чтобы минимизировать вероятные пагубные последствия от развития ИИ и получить максимально – положительный результат, важно и необходимо учитывать риски, появление или рост которых провоцируется развитием и внедрением ИИ на практике.

Основными рисками, связанными с ИИ, можно назвать следующие [2, 3]:

1) Риски увеличения неравенства.
2) Риски утраты конфиденциальности информации.
3) Риски дезинформации.
4) Риски ненадлежащего использования.
5) Риски человеко-машинного взаимодействия.
6) Риски социальных и экономических вредных последствий.
7) Риски в области безопасности систем ИИ.

Системный подход

В условиях стремительных изменений для успешного управления организацией требуется постоянный анализ множества факторов и рисков, как внутренних, так и внешних. Важно уметь распознавать и учитывать взаимосвязи между этими элементами, что приводит к необходимости разработки особого подхода, который обеспечивал бы целостный взгляд на процессы организации.

Таким подходом и является системный подход, который рассматривает организацию как систему – совокупность взаимосвязанных элементов. При этом организация в целом рассматривается как элемент более сложной системы [4]. Используя системный подход при внедрении технологий ИИ, решение одной проблемы не станет причиной другой, так как все рассматривается в системе, во взаимодействии.

Первоочередно системный подход помогает определить цели и задачи внедрения ИИ. Важно понимать, какие именно проблемы организация стремится решить с помощью новых технологий. К таким проблемам могут относиться автоматизация рутинных процессов или принятие более обоснованных бизнес-решений на основе анализа данных. В свою очередь, четкое определение целей позволяет сформулировать требования к системе ИИ и выбрать наиболее подходящие решения.

Следующим шагом является анализ существующих процессов и структур в организации. Системный подход подразумевает детальное изучение текущих бизнес-процессов, выявление узких мест и определение точек, где внедрение ИИ может принести наибольшую пользу. Такой анализ помогает не только понять, как ИИ может быть интегрирован в текущую систему, но и выявить возможные препятствия на этом пути. Например, недостаточная квалификация сотрудников или отсутствие необходимых данных могут стать серьезными барьерами для успешного внедрения.

Кроме того, использование системного подхода улучшает управление изменениями. Внедрение ИИ зачастую сопряжено с трансформациями в организационной культуре, что может вызвать негативную реакцию со стороны работников. Применение системного подхода помогает создать стратегии управления изменениями, которые учитывают потребности и беспокойства сотрудников. Крайне важно вовлечь всех заинтересованных участников в процесс внедрения, чтобы обеспечить их поддержку и уменьшить сопротивление.

Системный подход также предполагает использование итеративного процесса внедрения, что позволяет тестировать и адаптировать решения на каждом этапе, что особенно важно в контексте ИИ, где технологии быстро развиваются, а требования могут изменяться в зависимости от внешних условий. Итеративный процесс внедрения позволяет организациям быстрее реагировать на изменения и корректировать свои действия на основе полученных результатов.

В заключении применение системного подхода помогает анализировать эффективность интеграции ИИ и его воздействие на всю организацию. После реализации важно регулярно проводить оценку результатов, чтобы выяснить, насколько были достигнуты цели, и какие коррективы следует внести в дальнейшую деятельность. Оценка может охватывать как количественные данные (например, уменьшение расходов или рост производительности), так и качественные аспекты (например, уровень удовлетворенности клиентов или сотрудников).

В настоящей статье рассмотрена необходимость использования технологий ИИ в процессе управления организацией, а также основные риски и преимущества технологии. Представлены этапы внедрения ИИ в управленческие и производственные процессы организации, учитывая принципы системного подхода.

Системный подход выступает эффективным инструментом в управленческой деятельности организаций и позволяет не только оптимизировать процессы и повысить эффективность работы, но и создать устойчивую основу для дальнейшего развития технологий в контексте постоянно меняющихся условий рынка.

Использование этого подхода обеспечивает комплексный взгляд на внедрение ИИ, что является необходимым условием для достижения долгосрочного успеха и развития организации.

Список литературы

1. Guidelines on the Application of the Definition of an AI System in the AI Act: ELI Proposal for a Three-Factor. Approach. Response of the ELI to the EU Commission's Consultation. Vienna: European Law Institute. 2024. 28 p.

2. Slattery P., Saeri A.K., Grundy E.A.C. et al. The AI Risk Repository: A Comprehensive Meta-Review, Database, and Taxonomy of Risks from Artificial Intelligence // Artificial Intelligence. arXiv:2408.12622. 2024. URL: https://doi.org/10.48550/arXiv.2408.12622 (дата обращения:21.04.2025).

3. What are the risks from Artificial Intelligence? A comprehensive living database of over 700 AI risks categorized by their cause and risk domain. URL: https://airisk.mit.edu/#Domain-Taxonomy-of-AI-Risks (дата обращения:21.04.2025).

4. Гараедаги Дж. Системное мышление: Как управлять хаосом и сложными процессами: Платформа для моделирования архитектуры бизнеса. – пер. с англ. Е.И. Недбальская; науч. ред. Е.В. Кузнецова. – Минск: Гревцов Паблишер, 2007 г. – 480 с.

Погорелова Г.Н.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
galina.pogorelova.03@mail.ru
Честных А.Р.
старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
a.r.chestnyh@mospolytech.ru

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ В КОВОРКИНГЕ: РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию вопросов управления качеством коворкинг-пространств, которые становятся всё более популярными в условиях развития цифровых технологий и роста спроса на гибкие формы организации труда. В работе рассмотрены теоретические основы функционирования коворкингов, их классификация и особенности проектирования стандартов качества. Основное внимание уделено разработке системы управления качеством, которая включает в себя создание комфортной среды для работы, внедрение цифровых технологий, зонирование пространства и визуальное оформление.

Результаты исследования показывают, что внедрение системы управления качеством способствует повышению удовлетворённости клиентов, укреплению лояльности и конкурентоспособности коворкинга. Работа имеет как теоретическую, так и практическую значимость, предлагая решения, которые могут быть применены не только в коворкингах, но и в других сферах услуг, ориентированных на высокое качество обслуживания.

Ключевые слова: коворкинг, управление качеством, клиентоориентированность, зонирование пространства, эргономика, стандарты качества, визуальное оформление, автоматизация процессов, гибкие рабочие пространства.

Pogorelova G.N.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
galina.pogorelova.03@mail.ru
Chestnykh A.R.
Senior Lecturer at the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
a.r.chestnyh@mospolytech.ru

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ В КОВОРКИНГЕ: РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Abstact. This article is dedicated to the study of quality management in coworking spaces, which are becoming increasingly popular in the context of digital technology development and the growing demand for flexible forms of labor organization. The paper examines the theoretical foundations of coworking spaces, their classification, and the specifics of designing quality standards. Particular attention is paid to the development of a quality management system, which includes creating a comfortable working environment, implementing digital technologies, zoning spaces, and visual design.

The results of the study show that the implementation of a quality management system contributes to increased customer satisfaction, enhanced loyalty, and improved competitiveness of the coworking space. The work has both theoretical and practical significance, offering solutions that can be applied not only in coworking spaces but also in other service sectors focused on high-quality customer service.

Keywords: coworking, quality management, customer focus, space zoning, ergonomics, quality standards, visual design, process automation, flexible workspaces.

Теоретические основы функционирования коворкингов

Коворкинг – это специально организованное рабочее пространство, предлагающее всем желающим за небольшую арендную плату оборудованное рабочее место, доступ к высокоскоростному интернету, помещения для проведения презентаций и переговоров. Основными клиентами коворкингов являются фрилансеры, стартапы и инновационные компании, которые не имеют возможности арендовать офисы и вынуждены работать в домашних условиях.

Коворкинги можно классифицировать по различным признакам: по целевой аудитории (классические, технологические, творческие), по уровню обслуживания (бюджетные, средние, премиум), по специализации (универсальные, специализированные). Каждый тип коворкинга имеет свои особенности и требования к организации пространства.

Аспекты проектирования стандартов качества коворкинг-пространства

Стандарты управления качеством в коворкинге строятся на основе подходов, которые обеспечивают высокий уровень сервиса, создание комфортной среды для работы и удовлетворение разнообразных потребностей клиентов. В рамках управления качеством особое внимание уделяется созданию функционального пространства, ориентированного на удобство и продуктивность. Это предполагает организацию рабочих мест с учетом эргономики, обеспечение стабильного доступа к интернету и современного оборудования.

Клиентоориентированность играет ключевую роль в стандартах качества. Это выражается в индивидуальном подходе к каждому клиенту, оперативной реакции на запросы и создании благоприятной атмосферы. Важно обеспечить наличие профессионального персонала, который способен решать возникающие вопросы, а также наладить систему обратной связи с клиентами для регулярного сбора их мнений о предоставляемых услугах.

Особое внимание уделяется санитарным нормам и гигиене. Пространство коворкинга должно содержаться в чистоте, а уборка должна проводиться регулярно. Важным элементом

стандартов является организация системы контроля за соблюдением чистоты, включая наличие расходных материалов и своевременное обслуживание технических систем, таких как системы вентиляции и кондиционирования.

Неотъемлемой частью управления качеством является использование цифровых технологий. Автоматизация процессов, таких как бронирование рабочих мест, оплата услуг и регистрация участников, значительно упрощает взаимодействие клиентов с коворкингом и снижает операционные издержки. Внедрение таких решений, как мобильные приложения и онлайн-платформы для управления услугами, повышает удобство и оперативность обслуживания.

Зонирование предметно-пространственной среды коворкинга

Зонирование пространства коворкинга является важным критерием качества. Взаимодействие людей с пространственной средой в первую очередь определяется ее размерами, свидетельствующими о достаточности или недостаточности для планируемой деятельности. Не менее важными аспектами являются существующие представления о восприятии человеком пространства, о психологических особенностях, связанных с пространственной средой и возможностями полноценной жизнедеятельности в ее пределах.

Для коворкингов характерно определенное устройство пространства. В обязательном порядке в них должны иметься две зоны – событийная (в которой происходят публичные мероприятия, выступления и пр.) и рабочая (люди могут спокойно работать, соблюдая при этом тишину и не мешая окружающим). Остальное пространство с добавлением дополнительной градации по зонам формируется на усмотрение каждого конкретного коворкинга и исходя из требований и потребностей среды.

Визуальное оформление зоны коворкинга

Визуальное оформление пространства зависит от целевой аудитории. При ориентации коворкинга на работников творческой индустрии важно использование ярких цветов, нестандартных решений в использовании мебели и декораций. При работе в технической или научной области оформление коворкинга приближенно к классическому офису, выглядит более сдержанно.

Исходя из того, что коворкинг подразумевает живое общение, обмен мнениями, идеями, организацию «мозговых штурмов», поиск сотрудников, потребителей, спонсоров, разработки продуктов, следует при проектировании пространства это обязательно учитывать и делать на этом ставку. Людям должно быть удобно и комфортно пребывать в среде, в которой они будут вести переговоры и оживленные дискуссии. Их ничего не должно отвлекать от мыслительного и творческого процесса, а наоборот, интерьер и дизайн должны к этому ненавязчиво «подталкивать», располагать к общению и новым знакомствам.

Таким образом, формирование пространства коворкинга требует тщательной подготовки и продуманности, креативных, нестандартных идей и решений, которые позволят создать специальную рабочую, но не формальную атмосферу, способствующую активному общению между клиентами. Это взаимодействие положительно сказывается на формировании и развитии инновационных бизнесов в рамках коворкинга, а также на развитие инновационных компаний-клиентов с устойчивыми позициями на рынке.

Разработка и внедрение системы управления качеством коворкинг-пространства позволяет не только повысить уровень удовлетворенности клиентов, но и сформировать долгосрочные конкурентные преимущества. Это обусловлено увеличением лояльности клиентов, расширением клиентской базы, улучшением репутации компании и снижением операционных рисков.

Таким образом, данная работа вносит вклад в теорию и практику управления качеством в сфере услуг, предлагая решения, которые могут быть использованы не только в коворкингах, но и в других организациях, ориентированных на предоставление высококачественного клиентского сервиса. Продолжение исследований в данной области может быть направлено на более глубокую интеграцию цифровых технологий в процессы управления качеством и разработку новых моделей взаимодействия с клиентами в условиях меняющихся потребностей рынка.

Список литературы

1. Тонких, В. Д. История развития коворкингов / В. Д. Тонких // Актуальные проблемы современного строительства: Материалы LXXVI Региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2-х частях, Санкт-Петербург, 17–20 октября 2023 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2025. – С. 43-49. – EDN LPKXZH.
2. Семенов, С. И. Соотношение открытых и закрытых пространств в коворкингах / С. И. Семенов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2025. – Т. 27, № 1. – С. 110-117. – DOI 10.31675/1607-1859-2025-27-1-110-117. – EDN GYQTSF.
3. Семенов, С. И. Влияние деятельности на пространства коворкингов / С. И. Семенов // Приволжский научный журнал. – 2025. – № 1(73). – С. 341-345. – EDN WXZYCA.

Дмитриева Л.В.
студент,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
luba-K-2011@yandex.ru
Бурундукова К.А.
студент,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
burundukova.ka@edu.spbstu.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ LAB-ON-A-CHIP В РАМКАХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПРОБОПОДГОТОВКИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ

Аннотация. Технология «Lab-on-a-chip» или «Лаборатория на чипе» предоставляет возможность объединять несколько стадий биохимических процессов на едином миниатюрном конструктиве – микрофлюидном устройстве [1]. Автоматизация процесса пробоподготовки для совершенствования качества выделения ДНК и РНК из клинических образцов и внедрение в производство данного устройства позволит уменьшить влияние человеческого фактора на результат анализа, снизить требования к уровню подготовки персонала, сократить риск заражения сотрудников летучими составляющими проб, а также увеличить качество процесса, путем минимизации наседания молекул из окружающей среды на образцы и сократить обмен ДНК между пробами.

В данной работе был разработан прототип чипа для выделения ДНК из клинических образцов и выполнено сравнение качества ручной пробоподготовки и с помощью чипа в разных аудиториях. После подтверждения эффективности и работоспособности разработки, было проведено детектирование концентрации летучих компонентов в обоих помещениях на протяжении 10 дней, для определения способности чипа создавать более безопасные условия для сотрудников предприятия.

Ключевые слова: совершенствование пробоподготовки, технология «лаборатория на чипе», ДНК.

Dmitrieva L.V.
Student
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
luba-K-2011@yandex.ru
Burundukova K.A.,
Student
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
burundukova.ka@edu.spbstu.ru

THE USE OF LAB-ON-A-CHIP TECHNOLOGY IN THE FRAMEWORK OF IMPROVING THE QUALITY OF SAMPLE PREPARATION OF BIOLOGICAL SAMPLES

Abstact. The «Lab-on-a-chip» technology provides an opportunity to combine several stages of biochemical processes on a single miniature structure – a microfluidic device [1]. Automation of the sample preparation process to improve the quality of DNA and RNA isolation from clinical samples and the introduction of this device into production will reduce the influence of the human factor on the analysis result, reduce staff training requirements, reduce the risk of staff contamination with volatile components of samples, as well as increase the quality of the process by minimizing the accumulation of molecules from the environment on samples and reduce DNA exchange between samples.

In this work, a prototype chip was developed for isolating DNA from clinical samples and comparing the quality of manual sample preparation and using the chip in different classrooms. After confirming the effectiveness and operability of the development, the concentration of volatile components was detected in both rooms for 10 days to determine the chip's ability to create safer conditions for the company's employees.

Keywords: improvement of sample preparation, «Lab-on-a-chip» technology, DNA.

Методы молекулярно – генетического анализа получили широкое распространение в различных сферах жизни человечества. Эти методы обеспечивают амплификацию (многократное копирование) минимального количества нуклеиновых кислот, что позволяет выявить ДНК/РНК – генетический материал микроорганизма, в концентрации, намного меньшей нижнего предела детекции традиционных микробиологических тестов, что крайне важно при тестировании небольшого количества клинического материала, например, у новорожденных детей или при малых концентрациях патогенов в окружающей среде.

Однако, для них требуется качественная пробоподготовка, обычно заключающаяся в лизисе пробы и выделении из нее нуклеиновых кислот (далее – НК). Развивающаяся технология использования микрофлюидных устройств позволяет объединять несколько стадий анализа на одном конструктиве и следовательно, автоматизировать эти процессы, что сопровождается быстротой, чувствительностью, высокой точностью.

Поэтому целью работы являлась разработка и апробация прототипа микрофлюидного устройства для выделения нуклеиновых кислот из клинических образцов и объектов окружающей среды с последующей проверкой количества НК, летающих в воздухе в помещении, где использовалось данное устройство, изолирующее образец от окружающей среды и в помещении, где выделение НК происходило ручным методом.

Результаты исследования могут применяться и применяются в организациях, работающими с ДНК и РНК, что делает работу более простой и безопасной для персонала организаций.

Актуальность данного исследования (автоматизация и организация безопасных условий труда персонала) заключается в том, что методы генетических исследований ДНК получают широкое распространение в современной жизни, но для проведения диагностики образца требуется предварительная качественная пробоподготовка.

Автоматизация позволит исключить влияние человеческого фактора на результат эксперимента, а также снизить требования к уровню подготовки персонала, расход реагентов и длительность проведения анализа.

Для достижения упомянутой цели были поставлены следующие задачи:

1. Разработка геометрии устройства, позволяющей автоматизировать процесс пробоподготовки; выбор метода и материала для изготовления прототипа устройства;

2. Создание прототипа устройства для выделения нуклеиновых кислот из образцов на магнитных частицах;

3. Апробация прототипа устройства и сравнение с результатом ручной пробоподготовки в пробирках;

4. Сравнение концентрации летучих органических соединений в воздухе с помощью портативного монитора-детектора качества воздуха в соседних лабораториях (с ручным и автоматизированным способами выделений НК).

Существует множество вариаций реализации выделения нуклеиновых кислот, в зависимости от анализируемого образца, исследуемого материала, лабораторных условий, но в общем случае, выделение НК состоит из стадий [2], которые наглядно представлены на рисунке 1.

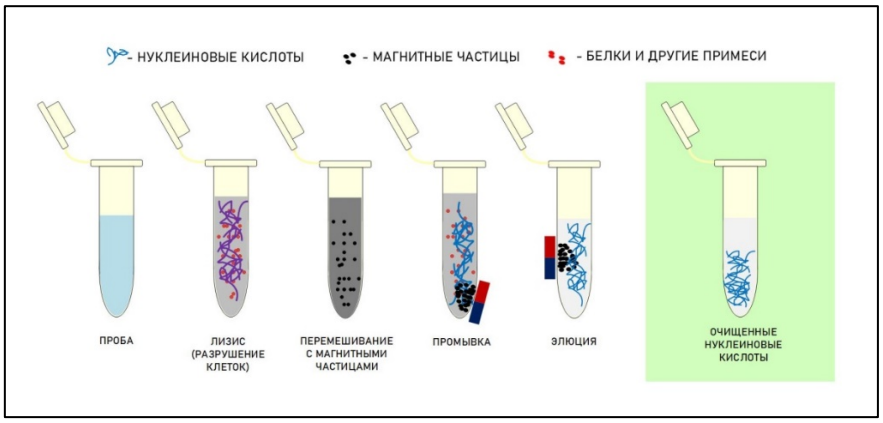


Рис. 1. Общая схема этапов выделения в пробирках

Для создания прототипа устройства был выбран метод мягкой литографии. В работе использовалась силиконовая резина PlatSet40.

Этапы пробоподготовки на устройстве также состоят из химического и термического лизиса клеток (разрушения оболочки), после которого производится выделение и концентрирование НК с помощью магнитных частиц. Геометрия (схема) устройства представлена на рисунке 2.

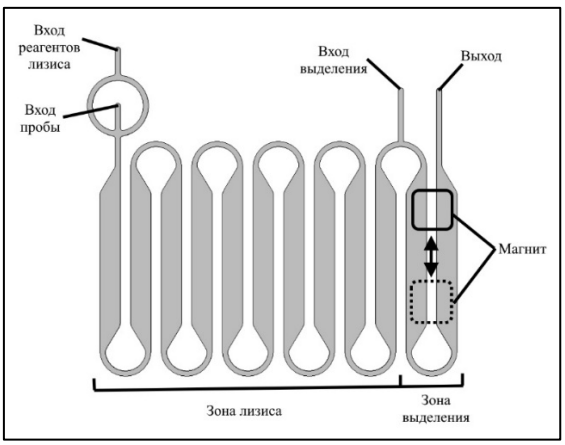


Рис. 2. Схема устройства выделения

Для апробации устройства были выбраны безопасные бактерий E.coli. Детектирование результата осуществлялось методом ПЦР-РВ на АНК-48.

Макет пробоподготовки, представленный на рисунке 3, устроен таким образом, что к чипу подводятся насосы, обеспечивающие течение жидкостей по устройству с заданной скоростью. Плоский нагреватель в определенный момент кладется сверху. При помощи центрифуги организовано движение магнита, для повышения эффективности накручивания на магнитные частицы нуклеиновых кислот.

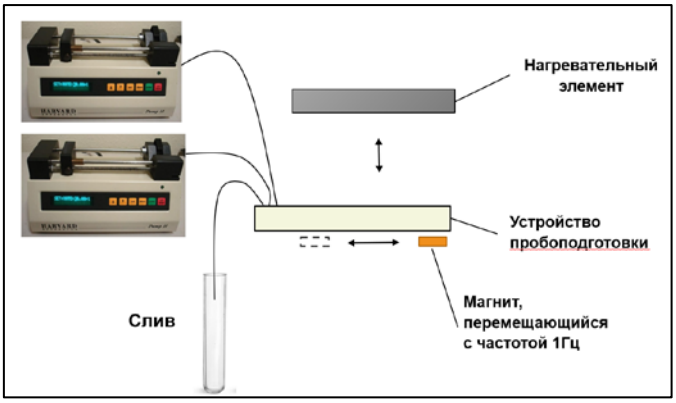


Рис. 3. Макет установки для пробоподготовки

Для сравнения качества пробоподготовки с использованием новой технологии параллельно проводился эксперимент на одной и той же пробе вручную в пробирке, результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1

Значения пороговых циклов ПЦР-РВ полученных проб

	Выделение №1		Выделение №2		Выделение №3		
	ЧИП	РУЧНОЕ	ЧИП	РУЧНОЕ	ЧИП	РУЧНОЕ	СМЫВ
	27,9	24,3	25,1	22,7	26,2	21,6	29,9
	28,0	24,2	25,0	22,8	26,1	21,6	30,0
	27,8	-	25,1	22,6	26,2	21,6	29,9
Среднее ± СКО	27,9 ± 0,1	24,2 ± 0,1	25,0 ± 0,0	22,7 ± 0,1	26,2 ± 0,1	21,6 ± 0,0	29,9 ± 0,1
Дельта	3,6 ± 0,2		2,4 ± 0,1		4,6 ± 0,1		
Ср. разница	3,5 ± 0,1						

Разница в пороговых циклах ПЦР-РВ проб, полученных на устройстве и вручную, составила 3,5±0,1. Существенный вклад в потери, вероятно, вносит сорбция ДНК на стенках устройства. Цикл при повторной элюции ДНК со стенок устройства (смыв) после выделения составил 29,9±0,1 (для выделения составляет 25,6±0,6). Это показало необходимость в предварительной обработке устройства, например, раствором БСА.

В рамках повышения качества процесса пробоподготовки кроме непосредственной автоматизации исследование было нацелено на снижение концентрации летучих соединений образцов (далее – ЛОС) в помещении, для создания безопасных условий труда при работе с опасными образцами. По данным Всемирной организации здравоохранения существует несколько степеней концентрации ЛОС в помещении. В течении 10 дней после подтверждения работоспособности устройства, в двух соседних лабораториях детектировалось содержание ЛОС – представлено в таблице 2.

Таблица 2

Концентрация ЛОС в воздухе лабораторных помещений

	Ручная пробоподготовка	Пробоподготовка на чипе
Средняя концентрация ЛОС	2489 мкг/м^2	760 мкг/м^2
Категоризация помещения	Ограниченное использование в условиях интенсивной вентиляции	Воздух гигиенически безопасен

В среднем в помещении с ручной пробоподготовкой концентрация составляла 2489 мкг/м2 (что говорит о режиме ограниченного использования – не более 3-х часов непрерывного пребывания и поддержании строгих условий вентиляции на постоянной основе), а в помещении с устройством – концентрация составила примерно 760 мкг/м2, следовательно вторая комната гигиенически безопасна.

В заключении резюмируем, что исследование показало эффективность возможного использования организациями микрофлюидного устройства не только для повышения качества процесса путем значительного снижения человеческого фактора на результат анализа, сокращения времени пробоподготовки (с 3-х часов непрерывной работы с образцом до нескольких десятков минут контроля за процессом), но и упрощения технлогии. Также внедрение в производство данной технологии позволяет уменьшить риск заражения сотрудников и увеличить качество процесса, путем минимизации наседания молекул из окружающей среды на образцы и обмена ДНК между пробами, так как устройство герметично и закрыто.

Список литературы

1. Интегрированный микрофлюидный сенсор потока для лабораторий на чипе и устройств персонифицированной медицины / В. В. Рыжков, А. В. Зверев, М. Андроник [и др.]. Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Экспо-биохим-технологии», 2020. – С. 457-458.

2. Евстрапов А.А. Курс лекций «Нанотехнологии в экологии и медицине». – 2011. – С. 1–46.

Постникова Е.С.
к.т.н., доцент кафедры «Экономика и организация производства»,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Россия, Москва
postnikova.el@bmstu.ru
Яроцкая Н.А.
аспирант,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Россия, Москва
yarotskayana@Student.bmstu.ru

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА – ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. Металлообрабатывающее производство является одной из ключевых отраслей современной промышленности, обеспечивающей выпуск деталей и узлов для различных сфер применения – от машиностроения до аэрокосмической отрасли. Одним из факторов оценки эффективности предприятий этой отрасли является обеспечение высокого уровня ка-

чества выпускаемой продукции, которое напрямую зависит от состояния и надежности технологической системы. В связи с этим контроль качества продукции становится не только средством оценки соответствия изготовляемой продукции требованиям и параметрам, но и инструментом оценки надежности всей технологической системы. В статье рассматривается роль контроля качества продукции как инструмента оценки надежности технологической системы в металлообрабатывающем производстве, анализируется взаимосвязь между мероприятиями по контролю качества и оценкой технического состояния оборудования, а также влияние современных методов контроля на стабильность производственных процессов и минимизацию дефектов. Показано, что данные о качестве продукции могут служить информативным индикатором технического состояния оборудования и надежности технологической системы в целом.

Ключевые слова: качество готовой продукции, надежность технологических систем, качество обслуживания оборудования, компоненты и материалы, мониторинг, устойчивость параметров.

Postnikova E.S.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Organization of Production
Bauman Moscow State Technical University
Russia, Moscow
postnikova.el@bmstu.ru
Yarotskaya N.A.
Postgraduate Student
Bauman Moscow State Technical University
Russia, Moscow
natali_yarockaya@mail.ru

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА – ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Abstact. Metalworking production is one of the key sectors of modern industry, providing the manufacture of parts and components for various fields of application – from mechanical engineering to the aerospace industry. One of the factors in assessing the efficiency of enterprises in this industry is ensuring a high level of quality of the products being manufactured, which directly depends on the condition and reliability of the technological system. In this regard, product quality control becomes not only a means of evaluating compliance of the manufactured products with requirements and parameters but also a tool for assessing the reliability of the entire technological system. The article examines the role of product quality control as a tool for evaluating the reliability of the technological system in metalworking production, analyzes the relationship between quality control activities and the assessment of the technical condition of equipment, and considers the impact of modern control methods on the stability of production processes and the minimization of defects. It is shown that data on product quality can serve as an informative indicator of the technical condition of equipment and the reliability of the technological system as a whole.

Keywords: product quality, quality control, reliability of technological systems, quality of equipment maintenance, components and materials, monitoring, quality control organization parameter stability.

Эффективность производственной деятельности машиностроительного предприятия характеризуется показателями качества, производительности, экономичности и оборачиваемости.

Уровень качества выпускаемой продукции в металлообрабатывающей промышленности является критически важным аспектом производства, влияющим на безопасность и конкурентоспособность выпускаемых изделий. Это обуславливается и тем, что металлические де-

тали, выпускаемые обрабатывающими предприятиями, используются во всех жизнеобеспечивающих отраслях промышленности, где вовремя не выявленные дефекты в ответственных конструкциях могут привести к авариям, значительным финансовым и имиджевым потерям, человеческим жертвам.

Ключевым фактором, влияющим на качество продукции является состояние и надежность технологической системы (ТС), оказывающие непосредственное влияние на основной процесс производства.

Надежность технологических систем характеризуется способностью выполнять требуемые функции в заданных условиях в течение определенного времени без отказов, сбоев или деградации характеристик.

На надежность технологической системы (ТС), в свою очередь, оказывают влияние:

- качество компонентов и материалов;
- конструктивные решения (резервирование, модульность);
- условия эксплуатации (температура, влажность, вибрации);
- качество обслуживания и мониторинга.

Практика показывает, что даже на предприятиях, где строго выполняются надзорные мероприятия и соблюдаются технические регламенты, аварии возникают в межремонтных интервалах вследствие низкой эффективности применяемых схем диагностики.

В настоящее время, требования к точности обработки в отдельных отраслях максимально высокие. Также современное металлообрабатывающее производство представляет собой высокой сложности технологические системы и процессы, незначительные отклонения в работе которых могут привести к существенному снижению качества продукции [1]. При таких условиях контроль качества изготовляемой продукции становится не только процессом обеспечения соответствия изделий установленным требованиям, но и важнейшим инструментом диагностики состояния технологической системы [2].

Таким образом, система контроля качества выполняет двойную функцию: обеспечивает соответствие продукции нормативным требованиям качества и служит индикатором устойчивости и управляемости технологической системы [3].

В связи с этим целесообразно проанализировать методы контроля качества продукции, исследовать взаимосвязь между качеством продукции и состоянием технологической системы и определить эффективность методов в контексте оценки надежности технологической системы.

Основные методы контроля качества выпускаемой продукции и их роль в процессе металлообработки

Система контроля качества изготовляемой продукции в металлообрабатывающем производстве – критически важный вспомогательный процесс, обеспечивающий выпуск изделий, отвечающих строгим требованиям точности, надежности и долговечности. В производстве высокотехнологичных и ответственных деталей, для которых малейшие дефекты могут привести к серьезным последствиям, система контроля качества на этапе изготовления детали выходит за рамки простой проверки и становится стратегическим инструментом обеспечения безопасности и функциональности готовых изделий [4].

В металлообработке система контроля качества продукции на разных этапах жизненного цикла изделия играет особую роль по нескольким причинам, основные из которых приведены в Таблице 1.

Система контроля качества продукции – это комплекс мероприятий, направленных на проверку соответствия характеристик изготовленной продукции установленным стандартам на всех этапах ее производства, заданным геометрическим параметрам, техническим условиям и требованиям заказчика. Этот процесс включает в себя проверку количественных и качественных параметров [6].

Таблица 1

Ключевые причины важности системы контроля качества на предприятиях металлообработки

Причина	Роль контроля качества	Описание
Сложность технологических систем и процессов	Позволяет выявить дефекты изделия на ранних стадиях, при необходимости корректировать процесс и технологию	Процессы металлообработки, при производстве деталей, состоят из множества этапов, например, резание, шлифование, термообработка и т.д., включающие в себя многофакторные воздействия на материалы изделий, которые могут стать источником появления различных видов дефектов [2]
Высокие требования к точности	Позволяет выявить дефекты изделия на ранних стадиях и не допустить отправку такой продукции в эксплуатацию	Продукция для определенных отраслей промышленности, например, таких как авиация, ракетно-космическая отрасль, медицина, требуют соблюдения жестких допусков по количественным и качественным параметрам, потому что даже незначительные отклонения могут привести к серьезным последствиям при эксплуатации данной продукции [5]
Экономическая эффективность	Предотвращает: • дополнительные затраты на сырье и материалы; • потери заготовок незавершенного производства и готовой продукции; • убыточное использование производственной мощности ТС	Производство брака включает в себя дополнительные затраты на сырье и материалы, потери заготовок незавершенного производства и готовой продукции в целом, а также нецелесообразное и убыточное использование производственной мощности предприятия. Выявление дефектов продукции в процессе обработки, брака снижает временные и материальные затраты на производство бракованной продукции, повторную обработку при возможности, а также позволяет провести исправление ошибок, переналадку процессов обработки и изменение технологии. Это особенно важно для крупносерийного производства [5]

В классическом представлении, основными целями контроля качества продукции в металлообработке можно выделить обеспечение соответствия продукции требованиям и предотвращение брака для минимизации потерь. Обеспечение соответствия продукции требованиям предполагает, что выпускаемые изделия отвечают техническим спецификациям, стандартам и отраслевым нормативам. Минимизациия потерь от брака направлена на своевременное выявление дефектов в процессе изготовления и обработки детали, чтобы избежать затрат на производство или утилизацию бракованной продукции [7].

Система контроля качества включает несколько уровней проверки, каждый из которых решает определенные задачи (Таблица 2).

Из существующих методов контроля качества продукции в металлообрабатывающем производстве наиболее часто применимыми можно выделить следующие: визуально-измерительный контроль геометрических параметров детали и поверхностных дефектов; методы неразрушающего контроля, такие как ультразвуковая дефектоскопия, рентгенографический контроль, вихретоковый контроль, позволяющие обнаружить дефекты структуры материала; статистические методы управления качеством и другие.

Таблица 2

Уровни проверки качества продукции

Уровень проверки	Описание уровня проверки
Входной контроль	На этом уровне проводится проверка соответствия вида, характеристик, качества исходных материалов, технологических требований к обработке, режимов обработки, инструмента, вспомогательных и комплектующих перед началом производства. Все эти мероприятия позволяют на первоначальном этапе, до начала процесса обработки, исключить использование некачественных заготовок, которые могут повлиять на конечный результат [8]
Операционный контроль	Включает в себя мониторинг технологических процессов на всех этапах производства и характеристики обрабатываемого изделия. Примером мониторинга технологических процессов можно назвать контроль режимов резания, температурных условий термообработки, вибраций оборудования или точности работы станков [9]
Приемочный контроль	На данном уровне контроля качества проводится окончательная проверка готовой продукции на соответствие требованиям стандартов, конструкторско-технологическим параметрам и требованиям заказчика. Этот этап включает в себя наиболее тщательные измерения геометрических параметров, физико-механических свойств и оценку внешнего вида деталей [9]

Несмотря на наличие большого количества контрольных процедур, при проверке качества готовой продукции могут быть обнаружены несоответствия полученных параметров изделия заданным, то есть выявиться брак.

Если в процессе испытаний изделия обнаружено несоответствие заданному качеству, проводится анализ причин, по которым могло возникнуть отклонение и, чтобы в дальнейшем снизить технологические потери, необходимо определить причины появления брака. Они могут быть связаны с состоянием технологической системы, а именно со следующими факторами:

– фактическое состояние оборудования не обеспечивает заданного качества обработки;

– неправильно подобраны режимы обработки;

– износ инструмента (или использовался неподходящий инструмент);

– недостаточно качественная смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ), используемая в процессе обработки;

– человеческий фактор.

В современной литературе проблема контроля качества рассматривается с различных точек зрения. Например, в работах Иванова С.А. и Петрова В.В. подробно описываются методы контроля геометрических параметров и физико-механических свойств материалов [4].

Проблемы надежности технологической системы исследуются в работах Барвинка В.А. и Ковалева С.П., которые подчеркивают важность мониторинга состояния оборудования и инструментов для предотвращения отказов [9]. Современные подходы к автоматизации контроля качества и внедрению систем искусственного интеллекта рассматриваются в исследованиях Васильева А.С. и Зайцева А.В. [8, 10].

Таким образом, контроль качества продукции не только выполняет функцию обеспечения соответствия продукции установленным стандартам, но и позволяет оценить состояние технологической системы. Это создает основу для разработки новых методов диагностики оборудования, оптимизации технологических процессов и повышения их надежности [8].

Обеспечение надежности технологической системы путем контроля качества продукции

Надежность технологической системы – это комплексное свойство оборудования, инструментов, материалов, технологических процессов и персонала, обеспечивающее выпол-

нение заданных функций в течение определенного времени с сохранением требуемых параметров точности, производительности и качества [11], которое также является одним из ключевых показателей эффективности на металлообрабатывающих предприятиях.

Надежность технологической системы зависит от множества взаимосвязанных факторов (Таблица 3).

Таблица 3

Факторы, влияющие на надежность технологической системы

Факторы	Описание влияния фактора на надежность ТС
Износ оборудования	Механический износ узлов станков и их составляющих, а также режущих инструментов, оснастки и других элементов системы прямым образом влияют на точность обработки и увеличивают вероятность производства бракованной продукции [9]
Точность настройки обрабатывающего оборудования	Ошибки в технологических параметрах обработки при программировании ЧПУ, неправильная настройка или переналадка станков могут привести к отклонениям в размерах, форме и других геометрических и прочностных характеристик деталей
Режимы обработки	Неправильно выбранные режимы резания (скорость, подача, глубина) влияют на повышенный износ инструмента, что, в свою очередь, может приводить к деформации заготовок или ухудшению качественных параметров и эксплуатационных свойств изготовляемой детали
Качество используемых материалов и инструментов	Использование в процессе обработки некачественных заготовок, смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) низкого качества или изношенного инструмента приводит к снижению надежности системы [12], а также к нарушению технологии производства, выпуску продукции ненадлежащего качества или не отвечающей конструкторско-технологическим требованиям
Внешние условия среды	Температурные колебания, дополнительные вибрации, влажность и другие факторы окружающей среды могут влиять на работу оборудования и, как следствие, на качество продукции [13]
Квалификация персонала	Низкий уровень квалификации или отсутствие опыта у персонала, может приводить к ошибкам, сбоям в работе оборудования и даже аварийным остановкам

Наиболее частой причиной появления брака является фактическое состояние оборудования, которое не обеспечивает заданного качества обработки. Это значит, что контроль качества продукции в процессе изготовления играет важную роль в оценке и поддержании надежности технологической системы, сигнализирует о снижении ее уровня надежности, а также позволяет определять существенное изменение состояния одного или нескольких компонентов технологической системы и провести оценку технического состояния обрабатывающего оборудования.

Такие отклонения в параметрах поверхности деталей, как повышенная шероховатость, волнистость или неравномерность обработки являются следствием неисправностей или износа элементов технологического оборудования. Например, если при проверке готовых изделий выявляются неравномерные отклонения на обработанной поверхности, это может свидетельствовать о повышенных или дополнительных вибрациях во время работы станка, которые часто возникают из-за износа элементов ключевых узлов оборудования – подшипников, обеспечивающих стабильность вращения шпинделя или других движущихся частей. Износ подшипников приводит к увеличению люфта, что вызывает колебания инструмента во время обработки заготовки. В результате поверхность изделия получается некачественной: появляются микронеровности, волны или даже трещины, снижающие эксплуатационные характеристики детали [14]. Систематические отклонения в геометрической форме детали, такие как

овальность или конусность, при фрезеровании или точении детали, могут указывать на износ направляющих станка или их неправильную настройку. В обоих случаях своевременный анализ данных контроля качества сигнализирует об изменении технического состояния оборудования, позволяет выявить причину и принять меры для устранения неисправностей [9].

Таким образом, контроль качества продукции становится важным диагностическим инструментом, позволяющим не только выявлять дефекты изделий, но и определять причины их возникновения, связанные с состоянием оборудования.

Ключевой задачей любого металлообрабатывающего предприятия является выпуск продукции, отвечающей строгим требованиям стандартов, технических условий и запросам заказчиков. В условиях высоких требований к качеству, особенно в таких критически важных отраслях, как авиастроение, ракетно-космическая промышленность, автомобилестроение, медицина, где малейшие дефекты, полученные в процессе обработки, могут привести к серьезным последствиям при эксплуатации, применение оценки качества продукции на всех этапах производства детали является основополагающим фактором для достижения эффективности и стабильности предприятия.

Мероприятия по контролю качества играют ключевую роль не только в проверке на соответствие конструкторско-технологическим параметрам изделий, но и в оценке надежности технологической системы, которая в свою очередь прямым образом влияет на точность, производительность и качество производства. Снижение уровня надежности ТС может быть вызвано множеством факторов: износом оборудования и оснастки, ошибками в настройке станков, неправильно выбранными режимами обработки, использованием некачественных материалов, инструментов.

Различные методы контроля качества позволяют своевременно выявлять отклонения в характеристиках продукции и связывать их с конкретными проблемами в технологической системе, а данные контроля качества становятся индикатором состояния технологической системы и инструментом оценки технического состояния оборудования.

Таким образом, контроль качества продукции в металлообрабатывающем производстве выходит за рамки простой проверки соответствия готовых изделий установленным требованиям и становится инструментом оценки технического состояния оборудования и своевременного проведения мероприятий по поддержанию надежности технологической системы.

Актуальной представляется разработка методов контроля качества в процессе обработки, которые позволяют не только гарантировать соответствие продукции установленным стандартам, но также своевременно обнаруживать потерю работоспособности ТС, выражающуюся в неспособности обеспечивать заданное качество изделия.

Список литературы

1. Радченко М.Г. Надежность технологических систем в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2019. – С. 45-52.

2. Монтгомери Д. Введение в статистический контроль качества. – М.: Бином, 2020. – С. 123-130.

3. ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements.

4. Иванов С.А., Петров В.В. Технология металлообработки: теория и практика. – М.: Машиностроение, 2020. – С. 78-85.

5. ГОСТ 24643-81. Допуски формы и расположения поверхностей.

6. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.

7. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования.

8. Зайцев А.В. Современные методы контроля качества. – М.: Техносфера, 2020. – С. 92-98.

9. Барвинок В.А. Надежность технологических систем. – М.: Высшая школа, 2017. – С. 156-162.

10. Васильев А.С. Автоматизация контроля качества в промышленности. – М.: Технопрогресс, 2022. – С. 201-208.

11. ГОСТ 14.004-83 Технологическая система. Термины и определения.

12. Сидоров А.Н. Контроль качества в машиностроении. – СПб.: Политехника, 2019. – С. 34-41.
13. Кузнецов Ю.И. Методы контроля качества в металлообработке. – М.: Техносфера, 2021. – С. 55-62.
14. Рыжов Е.В. Метрология, стандартизация и сертификация. – М.: Академия, 2019. – С. 88-95.
15. Петров В.В. Диагностика технологических систем. – М.: Машиностроение, 2018. – С. 112-119.

Селиверстов Д.В.
студент,
Московский политехнич еский университет,
Россия, Москва
glogolglogola@mail.ru
Савостикова О.Г.
старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
o.g.savostikova@mospolytech.ru

5С – ОСНОВА БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В статье исследуются теоретические основы и практическая значимость методики 5С – базового инструмента бережливого производства, направленного на упорядочивание рабочего пространства и сокращение потерь. Рассматриваются исторические предпосылки системы, описанные в стандарте ГОСТ Р 56906-2016 и в работах Тайити Оно и Шигео Шинга, а также ключевые этапы: сортировка, упорядочение, очистка, стандартизация и поддержание. Представлен анализ результатов внедрения 5С на российских предприятиях (на примере внедрения на предприятии и ПАО «МЗиК»), показавших снижение времени на поиск инструментов на 27 %, уменьшение брака на 18 % и снижение аварийности на 22 %. Отмечены ключевые факторы успешного внедрения: вовлеченность персонала, регулярный аудит и визуальный менеджмент. Даны рекомендации по интеграции 5С с другими Lean-инструментами (Kaizen, Kanban) для устойчивого повышения производительности.

Ключевые слова: 5С; бережливое производство; Toyota Production System; стандартизация; визуальный менеджмент.

Seliverstov D.V.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
glogolglogola@mail.ru
Savostikova O.G.
Senior Lecturer of the Department of Standardization, Metrology, and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
o.g.savostikova@mospolytech.ru

5S – THE FOUNDATION OF LEAN MANUFACTURING

*Abstract.*This article explores the theoretical foundations and practical significance of the 5S methodology–a core tool of lean manufacturing aimed at organizing the workspace and reducing waste. The historical background of the system is discussed, referencing GOST R 56906-2016 and

the works of Taiichi Ohno and Shigeo Shingo. The five key steps–Sort, Set in order, Shine, Standardize, and Sustain–are outlined in detail. The article presents an analysis of 5S implementation results at Russian enterprises, using the case of PJSC «MZiK» as an example, which demonstrated a 27% reduction in tool search time, an 18% decrease in defects, and a 22% drop in accident rates. Key success factors for implementation are identified, including employee engagement, regular auditing, and visual management. Recommendations are provided for integrating 5S with other Lean tools (Kaizen, Kanban) to sustainably boost productivity.

Keywords: 5S; Lean Manufacturing; Toyota Production System; Standardization; Visual Management.

Введение

Система 5С – это простой и действенный инструмент бережливого производства, направленный на организацию рабочего места и устранение потерь. Первая стадия бережливого производства формировалась на основе принципов Toyota Production System (TPS) [1], разработанного Тайити Оно и Шигео Шинга в 1950–1960-е гг. В российской практике методика 5С представлена в ГОСТ Р 56906-2016 «Бережливое производство» [2], а также в ряде учебных пособий и статей, где подчёркиваются её преимущества в повышении эффективности и безопасности труда.

Актуальность

В условиях мировой экономической нестабильности и дефицита ресурсов концепция бережливого производства приобретает особую значимость для повышения конкурентоспособности предприятий [2]. Методика 5С системно сокращает потери времени и материалов за счёт упорядочивания рабочего пространства и внедрения визуального менеджмента [3].

Научная значимость

5С выступает базой для интеграции более сложных Lean-инструментов (Kaizen, Kanban, JIT), формализует и стандартизирует процессы, создавая прочный фундамент для дальнейших исследований в области оптимизации производства [2][4].

Исторические корни

Методика 5С восходит к системе TPS, сформулированной Тайити Оно и Шигео Шингом в 1950–1960-е гг. [1][2]. В России стандартизация 5С выполнена через ГОСТ Р 56906-2016 «Бережливое производство», где даны подробные описания каждого этапа.

Российские исследования внедрения

- Лебедивская Г. В. «Принципы и внедрение системы 5С» (анализ на примере предприятий пищевой промышленности) [3].
- Лазарева А. А. «Система 5S как первый шаг к бережливому производству» (опыт машиностроительного завода) [4].
- Новиков В. А., Бачинский А. Г., Перевезенцева Е. Д. «Внедрение системы 5S на предприятии» (ПАО «МЗиК») [5].

Постановка задачи

Цель исследования – адаптация методики 5С к условиям российского машиностроительного предприятия и оценка её влияния на ключевые показатели: время переналадки, уровень дефектности и дисциплину персонала.

Теоретическая часть

Перечень и содержание этапов системы 5С по ГОСТ Р 56906-2016:

1. **Сортировка (Seiri)**: удаление из рабочей зоны всего лишнего [2].
2. **Упорядочение (Seiton)**: упорядочивание и маркировка необходимых предметов [2].
3. **Очистка (Seiso)**: регулярная уборка и контроль чистоты оборудования [2].

4. **Стандартизация (Seiketsu)**: разработка шаблонов и чек-листов для поддержания порядка [2].

5. **Поддержание (Shitsuke)**: обучение и регулярный аудит соблюдения стандартов [2].

Практическая значимость и результаты внедрений

На машиностроительном предприятии после внедрения 5С получили следующие показатели:

- Время на поиск инструмента сократилось на 27 % [5].
- Число несоответствий по качеству продукции уменьшилось на 18 % [5].
- Уровень аварийности снизился на 22 % благодаря упорядочению проходов и хранению СИЗ [5].

Разработаны визуальные стенды и система ежедневных «микроаудитов» для контроля соответствия стандартам [3][4].

Риски и ошибки при внедрении 5S

1. **Слабая поддержка руководства:** Восприятие 5S как второстепенной задачи, отсутствие личного участия, примера и ресурсов (время, бюджет) со стороны менеджмента ведет к потере приоритета и демотивации. [2]

2. **Недообучение и низкое вовлечение персонала:** Непонимание сотрудниками целей, принципов и личной пользы от 5S. Внедрение без учета мнения исполнителей вызывает сопротивление и имитацию деятельности. [2]

3. **Отсутствие плана и стандартов:** Нечеткие цели, неопределенность зон ответственности, отсутствие измеримых показателей (KPI) и визуальных стандартов (3S) приводят к бессистемности и невозможности оценки прогресса. [2]

4. **Недооценка ресурсов:** Невыделение достаточного рабочего времени сотрудникам на этапы внедрения и бюджета на необходимые средства (маркировка, органайзеры) вызывает негатив и срывает реализацию. [2]

5. **Отсутствие поддержки и развития:** Прекращение регулярных аудитов по чек-листам и игнорирование их результатов ведет к деградации достигнутого [2]

6. **Игнорирование сопротивления:** Неумение работать с возражениями и страхами сотрудников, отсутствие обратной связи и признания достижений усиливает сопротивление изменениям. [2]

Выводы

Внедрение системы 5С в российских условиях доказало свою эффективность в снижении потерь времени и брака, а также повысило дисциплину сотрудников. В дальнейшем рекомендуется интегрировать 5С с другими инструментами для комплексной программы непрерывных улучшений.

Список литературы

1. ГОСТ Р 56906-2016 «Бережливое производство». Москва, 2016. https://gochs.sakhalin.gov.ru/wp-content/uploads/2023/02/GOST_R_56906-2016__Nacionalnyi_standart_Rossiiskoi_Federac.pdf

2. Внедрение системы 5S на предприятии. CyberLeninka, 2021. https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-sistemy-5s-na-predpriyatii

3. Лебедивская Г. В. «Принципы и внедрение системы 5S». Современная техника и технологии, 2015 https://technology.snauka.ru/2015/01/5551

4. Лазарева А. А. «Система 5S как первый шаг к бережливому производству». Молодой учёный, 2019, № 19 (257), с. 149–150. https://moluch.ru/archive/257/58909/

5. Новиков В. А., Бачинский А. Г., Перевезенцева Е. Д. «Внедрение системы 5S на предприятии». ИФЭУ, 2021. https://sciup.org/vnedrenie-sistemy-5s-na-predprijatii-140281850

Хлызова П.В.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
Polina33032003@gmail.com
Ларцева Т.А.
старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
quality.smis@mail.ru

ИДЕНТИФИКАЦИЯ КЛЮЧЕВЫХ РИСКОВ НА СТАДИИ ПРОИЗВОДСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. Настоящая статья посвящена исследованию и описанию процесса идентификации ключевых рисков на стадии производства промышленного предприятия. Эффективный менеджмент рисков является важнейшим условием обеспечения стабильности производственных процессов, качества выпускаемой продукции и достижения стратегических целей компании. В работе рассматриваются теоретические основы и практические подходы к выявлению потенциальных опасностей и неопределенностей, присущих производственной среде. Особое внимание уделено методологии и этапам процесса идентификации рисков, включая используемые инструменты и источники информации. Результаты статьи могут служить основой для разработки и/или совершенствования внутренних процедур по идентификации рисков на промышленных предприятиях.

Ключевые слова: управление рисками, идентификация рисков, производство, опасность, методы идентификации, неопределенность.

Khlyzova P.V.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Polina33032003@gmail.com
Lartseva T.A.
Senior Lecturer, Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
quality.smis@mail.ru

IDENTIFICATION OF KEY RISKS AT THE PRODUCTION STAGE OF ENGINEERING PRODUCTS

Abstract. This article is devoted to the study and description of the process of identifying key risks at the production stage of an industrial enterprise. Effective risk management is the most important condition for ensuring the stability of production processes, the quality of manufactured products and the achievement of the company's strategic goals. The paper examines the theoretical foundations and practical approaches to identifying potential hazards and uncertainties inherent in the production environment. Particular attention is paid to the methodology and stages of the risk identification process, including the tools and sources of information used.

The results of the article can serve as a basis for the development and/or improvement of internal procedures for risk identification at industrial enterprises.

Keywords: risk management, risk identification, production, danger, identification methods, uncertainty.

В современной экономике, характеризующейся высокой динамичностью и неопределенностью, эффективное управление рисками становится одним из ключевых факторов успешности и устойчивого развития любого предприятия. Особое значение этот процесс приобретает на промышленных предприятиях, где сложность технологических процессов, высокая степень автоматизации и взаимосвязь между различными этапами производства создают множество потенциальных источников возникновения нежелательных событий. Стадия производства является своего рода сердцем предприятия, где непосредственно создается ценность, но именно здесь сосредоточено наибольшее количество операционных, технологических и других рисков, способных привести к сбоям, потерям и снижению конкурентоспособности.

Согласно большинству современных стандартов и концепций, риск определяется как следствие влияния неопределенности на цели. В контексте производственного предприятия, цели могут быть связаны с объемом выпуска, качеством продукции, соблюдением сроков, эффективностью использования ресурсов, безопасностью труда и многими другими аспектами операционной деятельности. Неопределенность же проявляется в виде различных событий или условий, наступление которых не гарантировано и которые могут оказать как негативное (угрозы), так и позитивное (возможности) влияние на достижение этих целей. На стадии производства чаще всего приходится сталкиваться именно с угрозами, связанными с возможными сбоями и потерями.

Идентификация риска – это систематический процесс обнаружения, признания и описания рисков. Это не разовое мероприятие, а непрерывный процесс, который должен быть интегрирован в общую систему управления предприятием. Главная задача идентификации – ответить на вопрос: «Что может произойти и когда, где и почему?». На данном этапе важно выявить не только очевидные, но и скрытые риски, которые могут проявиться при определенных условиях. Важно различать понятия опасности и риска. Опасность – это источник потенциального вреда, ситуация или обстоятельство, которое имеет потенциал причинить ущерб (например, движущиеся части оборудования, высокое напряжение, химические вещества). Риск же – это комбинация вероятности реализации опасности и тяжести последствий. Процесс идентификации направлен на выявление как самих опасностей, так и рисков, которые они порождают.

Риски нужно рассматривать в контексте достижения поставленных целей. Если организация не управляет своими рисками и не проводит мероприятия по воздействию на риски, то это может привести к не достижению организацией поставленных целей, финансовым потерям и/или репутационному ущербу.

Производственная среда обладает рядом специфических характеристик, которые предопределяют типы и природу возникающих рисков: сложность и взаимосвязанность процессов, использование сложного оборудования и технологий, человеческий фактор, работа с материалами и сырьем, условия труда и безопасность, внешние факторы. Идентификация рисков на производстве требует глубокого понимания всех этих аспектов и их потенциального влияния на цели предприятия. Производственная система является сложным комплексом, в котором все элементы (оборудование, персонал, технологии, организация, внешняя среда) тесно взаимосвязаны. Риски редко существуют изолированно – часто один риск может повлечь за собой другие. Например, поломка оборудования (технический риск) может быть вызвана ошибкой оператора (риск персонала) и привести к срыву сроков выполнения заказа (организационный риск) и финансовым потерям.

Системный подход к идентификации рисков предполагает анализ всех элементов производственной системы и взаимосвязей между ними. Это позволяет выявлять не только отдельные риски, но и их комбинации, а также потенциальные каскадные эффекты. Такой подход обеспечивает более полное и адекватное представление о риск-ландшафте предприятия.

Эффективная идентификация рисков должна опираться на четкую методологию, представляющую собой последовательность логически связанных действий. Хотя конкретные детали могут варьироваться в зависимости от масштаба и специфики предприятия, основные этапы процесса, как правило, универсальны.

Процесс идентификации рисков является частью общего процесса риск-менеджмента, как это описано в международных стандартах (например, ISO 31000). Он включает в себя планирование, сбор информации, выявление рисков, их описание и документирование. Важным аспектом является то, что идентификация должна проводиться регулярно и при любых существенных изменениях (внедрение новых технологий, изменение поставщиков, реорганизация).

Этапы процесса идентификации рисков:

Этап 1: Определение контекста идентификации. На этом этапе определяются цели и границы процесса идентификации, например, риски конкретного производственного цеха, риски нового технологического процесса, риски, связанные с качеством продукции; устанавливаются критерии, по которым риски будут считаться значимыми для дальнейшего анализа; определяются ресурсы, необходимые для проведения идентификации (время, персонал, бюджет).

Этап 2: Сбор информации. Сбор актуальной и достоверной информации является критически важным для выявления рисков. Источниками информации могут быть:

1) документированная информация: технологические регламенты, рабочие инструкции, схемы процессов, данные о техническом обслуживании оборудования, отчеты о происшествиях и браке, контракты с поставщиками, нормативные документы;

2) компетентность персонала: опыт операторов, наладчиков, технологов, руководителей участков является бесценным источником информации о потенциальных проблемах и «узких местах»;

3) исторические данные: анализ прошлых инцидентов, аварий, случаев брака, задержек производства;

4) внешняя информация: отраслевая статистика, информация о проблемах у конкурентов, изменения в законодательстве.

Этап 3: Непосредственная идентификация рисков. Эффективная идентификация рисков на стадии производства требует применения систематизированных инструментов и техник, позволяющих выявить потенциальные проблемы и неопределенности. Среди множества существующих методов для машиностроительных предприятий особую актуальность имеют методы, направленные на анализ сбоев, дефектов и их первопричин. Далее подробно рассмотрим два таких метода: анализ причинно-следственных связей (RCA) и анализ видов и последствий отказов (FMEA).

Анализ причинно-следственных связей (RCA) – метод для ретроспективного анализа инцидентов и проактивной идентификации потенциальных рисков путем исследования их вероятных причин. Цель RCA – найти глубинные факторы, ведущие к нежелательным событиям. Процесс включает определение события, сбор информации о его причинах и анализ связей. Инструменты: «5 почему», Диаграмма Исикавы (структурирует причины по категориям). Для машиностроительных предприятий RCA полезен для выявления источников прошлых и будущих проблем (технических, организационных, человеческих) и получения списка рисков с коренными причинами.

Анализ видов и последствий отказов (FMEA) – систематический проактивный инженерный метод для идентификации потенциальных видов отказов (сбоев) в процессе или системе, определения их причин и анализа последствий до их наступления. Метод предполагает определение объекта анализа, выявление видов отказов, их последствий (серьезность S), причин (вероятность O) и анализ контроля (обнаруживаемость D). Для приоритизации рассчитывается Приоритетное Число Риска (RPN = S * O * D). FMEA чрезвычайно актуален для машиностроительного производства, позволяя детально анализировать потенциальные сбои оборудования и процессов, предоставляя структурированный перечень отказов, причин, последствий и оценки риска (RPN) как основу для действий по снижению риска.

Этап 4: Описание идентифицированных рисков. После выявления рисков необходимо их структурировать и описать для последующего анализа и документирования. Каждый идентифицированный риск должен быть четко сформулирован и включать, как минимум: наименование риска, описание события риска, причины риска, последствия риска, область

или процесс возникновения. Информация о рисках обычно фиксируется в реестре рисков или аналогичном документе.

Зачастую процедура идентификации рисков основана на стандартах, регламентирующих менеджмент риска и технологии его оценки, таких как ГОСТ Р 51897-2021 [3], ГОСТ Р 58771-2019 [4], а также специализированных стандартах по анализу видов и последствий отказов, например, ГОСТ Р 27.303-2021 [1]. Она включает определение области риска (по процессам или проектам), анализ внешней (рынок, поставщики, законодательство) и внутренней (производство, персонал, статистика) среды, классификацию рисков по категориям (производственные, поставок, качества и др.) и выявление рисков с использованием методов мозгового штурма, анализа документов, опросов и чек-листов. Все выявленные риски могут фиксироваться как в электронном, так и в бумажном формате. Примеры производственных рисков включают выпуск брака (ошибка оператора/инструкции), срыв сроков поставки комплектующих (логистика, геополитика), поломки оборудования (износ, нарушение эксплуатации) и несоответствие продукции метрологическим характеристикам (настройки, методики). Особое внимание следует уделить специфическим метрологическим рискам, связанным с точностью измерений (использование не поверенных СИ, неверные методики), выявляемым через анализ документации, аудиты и анализ несоответствий. В ходе применения процедур по идентификации рисков могут возникнуть трудности, такие как сопротивление изменениям, недостаток квалификации персонала, сложность формализации рисков, недостаточность ресурсов и доступа к информации, поддержание актуальности данных и субъективность оценок, требующие для преодоления обучения, оптимизации процедур и поддержки руководства.

Идентификация рисков является фундаментальным шагом в построении эффективной системы менеджмента рисков на промышленном предприятии. Систематический подход к выявлению потенциальных опасностей и неопределенностей на стадии производства позволяет сформировать прочную основу для дальнейшего анализа, оценки и разработки адекватных мер реагирования.

Список литературы

1. ГОСТ Р 27.303-2021. Надежность в технике. Анализ видов и последствий отказов. – Москва: 2021;

2. ГОСТ Р 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. – Москва: 2015;

3. ГОСТ Р 51897-2021. Менеджмент риска. Термины и определения. – Москва: 2021 – Заменяющий: ГОСТ Р ИСО 31073-2024. Менеджмент риска. Словарь. – Москва: 2024;

4. ГОСТ Р 58771-2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска. – Москва: 2019;

5. ГОСТ Р ИСО 31073-2024. Менеджмент риска. Словарь. – Москва: 2024;

6. ГОСТ Р ИСО/МЭК 80079-34 – 2013. Взрывоопасные среды. Часть 34. Применение систем качества для производства оборудования. – Москва: 2014;

7. О компании / [Электронный ресурс] // ЭМИС: [сайт]. – URL: https://emis-kip.kz/ru/company/abouts/ (дата обращения: 15.03.2025);

8. О компании / [Электронный ресурс] // ЭМИС: [сайт]. – URL: https://emis-kip.ru/company/index.php (дата обращения: 17.03.2025).

9. Производство / [Электронный ресурс] // ЭМИС: [сайт]. – URL: https://emis-kip.ru/company/proizvodstvo / (дата обращения: 15.03.2025);

10. Свидетельства и патенты / [Электронный ресурс] // ЭМИС: [сайт]. – URL: https://emis-kip.ru/company/licenses/ (дата обращения: 17.03.2025).

Сафин Т.Р.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
supertim020319@gmail.com
Ларцева Т.А.
старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
quality.smis@mail.ru

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА В ЦЕНТРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПИШ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА МОСКОВСКОГО ПОЛИТЕХА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЕГО УЛУЧШЕНИЮ

Аннотация. Статья посвящена исследованию деятельности Центра технологического сопровождения (ЦТС) Передовой инженерной школы (ПИШ) электротранспорта Московского Политеха. Рассмотрены организационная структура центра, его производственные мощности, система менеджмента качества (СМК) и ключевые этапы производственного цикла. Особое внимание уделено решению производственных задач, а также проблемам, связанным с разнородностью оборудования и человеческим фактором. Приведены результаты внедрения автоматизированных систем и стандартизации процессов. Показано, что ЦТС обеспечивает полный цикл разработки изделий для машиностроения, включая сотрудничество с индустриальными партнерами (ПАО «КАМАЗ», «Автотор»). На основе анализа производственных процессов предложены меры по оптимизации производства. Результаты работы могут быть использованы для повышения эффективности инженерных школ и производственных площадок в технических университетах.

Ключевые слова: инженерная школа, производственный цикл, система менеджмента качества, ЧПУ-обработка, стандартизация.

Safin T.R.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
supertim020319@gmail.com
Lartseva T.A.
Senior Lecturer, Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
quality.smis@mail.ru

ANALYSIS OF THE PRODUCTION PROCESS IN THE CENTER FOR TECHNOLOGICAL SUPPORT OF THE MOSCOW POLYTECHNIC INSTITUTE'S ELECTRIC TRANSPORT AND PROPOSALS FOR ITS IMPROVEMENT

Abstract. The article is devoted to the study of the activities of the Technological Support Center (TSC) of the Advanced Engineering School (AES) of Electric Transport of Moscow Polytechnic University. The organizational structure of the center, its production capacities, quality management system (QMS) and key stages of the production cycle are considered. Particular attention is paid to solving production problems, as well as problems associated with the heterogeneity of equipment and the human factor. The results of the implementation of automated systems and process standardization are presented. It is shown that the TSC provides a full cycle of product development for mechanical engineering, including cooperation with industrial partners (PJSC

KAMAZ, Avtotor). Based on the analysis of production processes, measures to optimize production are proposed. The results of the work can be used to improve the efficiency of engineering schools and production sites in technical universities.

Keywords: engineering school, production cycle, quality management system, CNC machining, standardization.

Развитие транспорта в России требует создания инфраструктуры, объединяющей образование, науку и производство. Московский политехнический университет, как участник программы «Передовые инженерные школы», сформировал ПИШ электротранспорта, где важную роль играет ЦТС. Цель исследования – анализ структуры, процессов и управленческих механизмов ЦТС, обеспечивающих его эффективность в условиях развития. ЦТС позволяет производить большую номенклатуру изделий, за счет развитой производственной площадки.

В рамках развития проекта «Приоритет 2030» ЦТС получил новое современное оборудование, дополнив и расширив номенклатуру станков. К проблемам использования станков можно отнести, что оборудование покупалось в разное время, и техническое оснащение и требования к постпроцессированию у станков разные, возникает проблема, что нет единства в программном обеспечении и для каждого станка нужно использовать собственное программное обеспечение, что усложняет ввод оборудования в эксплуатацию, и в целом увеличивает время написания обработки.

Актуальность данной темы заключается в том, что в условиях санкций и импортозамещения покупка западных станков не представляется возможной. Покупка отечественных и китайских станков осложняется спецификой постпроцессирования, однако эксплуатация уже приобретенного оборудования не должна прекращаться раньше времени.

В целом возникает необходимость по улучшению процесса производства, путем введения новых и современных программных и аппаратных методов взаимодействия с оборудованием, что важно в рамках предприятий, которые созданы на базе технических университетов.

Задачи исследования:

1. анализ организационной структуры и производственных мощностей ЦТС;
2. изучение системы менеджмента качества и методов стандартизации в рамках ее;
3. выявление проблем производственного цикла и предложение их решений.

Центр технологического сопровождения Передовой инженерной школы электротранспорта Московского Политеха, сокращенно (ЦТС – ПИШ), является производственной площадкой внутри университета, который обеспечивает выполнение изделий как для внутренних проектов ПИШ.

У центра есть несколько производственных площадок, которые располагаются в кампусах университета, а именно:

- Большая Семеновская (БС), на этой локации находится 3 фрезерных станка, 1 токарно-фрезерный станок с ЧПУ, ручной токарный и фрезерный станок, гидроабразивный станок, лаборатория сварки;
- Автозаводская (АВ), на этой локации располагается передовое оборудование: 5-ти осевой вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ, токарно-фрезерный станок с ЧПУ с контр-шпинделем, станки для электроэрозии, 4 роботизированных руки, станок для лазерной резки;
- Павла Корчагина (ПК), на это локации располагается фрезерный станок с ЧПУ и токарный станок с ЧПУ.

В центре технологического сопровождения главным лицом является начальник центра, ему подчиняются его заместители, которые отвечают за определенные локации, а также помогают в организационно-хозяйственной деятельности и в технологической деятельности, далее идут технологи и операторы станков, которые непосредственно подчиняются заместителям начальника в зависимости от прикрепления к локации или к оборудованию.

В рамках ввода в эксплуатацию нового оборудования было принято решение, о переводе всего производства на единую версию программного обеспечения. За единую версию ПО был принят SolidCAM редакции 2025 года, как самый совершенный и стабильный вид ПО. Также данный вид ПО позволяет беспрепятственно и максимально корректно работать с CAD программой SolidWorks, которая является базовой для конструкторского отдела [3]. Одновременно с переходом на единое ПО произведена унификация постпроцесоров под имеющееся оборудование, а также закупка новых постпроцессоров для нового оборудования.

Помимо программной унификации, была произведена программа по введению на некоторых станках аппаратных дополнений, в виде систем Renishaw и BLUM, которые в автоматическом режиме проводят замер параметров инструмента, а также в полуавтоматическом режиме проводят замер положения детали [2]. Также во время внедрения вышеописанных методов проводилось повышение квалификации для персонала, что позволило эффективно использовать новые решения, и дало персоналу сразу отработать свежие знания на практике [1].

Система менеджмента качества

К СМК предприятия можно отнести:

- Стандарт предприятия, должностные инструкции, положение о деятельности центра, ведение записей о ходе проекта, отчеты о авариях с оборудованием.

В данной работе особое внимание необходимо уделить стандарту предприятия. В нем описаны основные регулирующие аспекты всей работы ПИШ в области разработки и производства продукции, а именно: в соответствии с какими стандартами составлять конструкторскую документацию, в каких программах необходимо осуществлять проектирование и написание обработок.

Практическая значимость и результаты

Реализованные проекты:

Гибридный спортпрототип FDR 12 – Во время реализации проекта FDR 12 были в тестовом формате внедрены новые методы улучшения процесса производства, которые показали свою эффективность, а также были выявлены недостатки, которые были решены и приняты действия для недопущения их в будущем.

Внедренные решения

1. Единая база ПО для конструкторов и технологов [3].
2. Система автоматизированного контроля параметров инструмента [2].
3. Система автоматизированного позиционирования заготовки в станке [2].
4. Обучение операторов и технологов работе с современным ПО.

Проблемы и предложения

В результате анализа аварийных ситуаций выяснено, что оператор может неправильно задать параметр инструмента или неверно указать расположение заготовки.

Используя диаграмму Исикавы, можно определить причино-следственную связь потери качества. (рисунок).

В целом возникает необходимость по улучшению процесса производства, путем введения новых и современных программных и аппаратных методов взаимодействия с оборудованием, что важно в рамках предприятий, которые созданы на базе технических университетов.

1. ЦТС обеспечивает полный производственный цикл, что позволяет выполнять множество различных операций, минимализируя использование подрядчиков.

2. Стандартизация и автоматизация процесса производства повысили качество изделий.

3. Основные риски связаны с человеческим фактором, что требует цифровизации контроля процессов.

Создание цифрового двойника производства для прогнозирования аварий и сокращения времени на наладку.

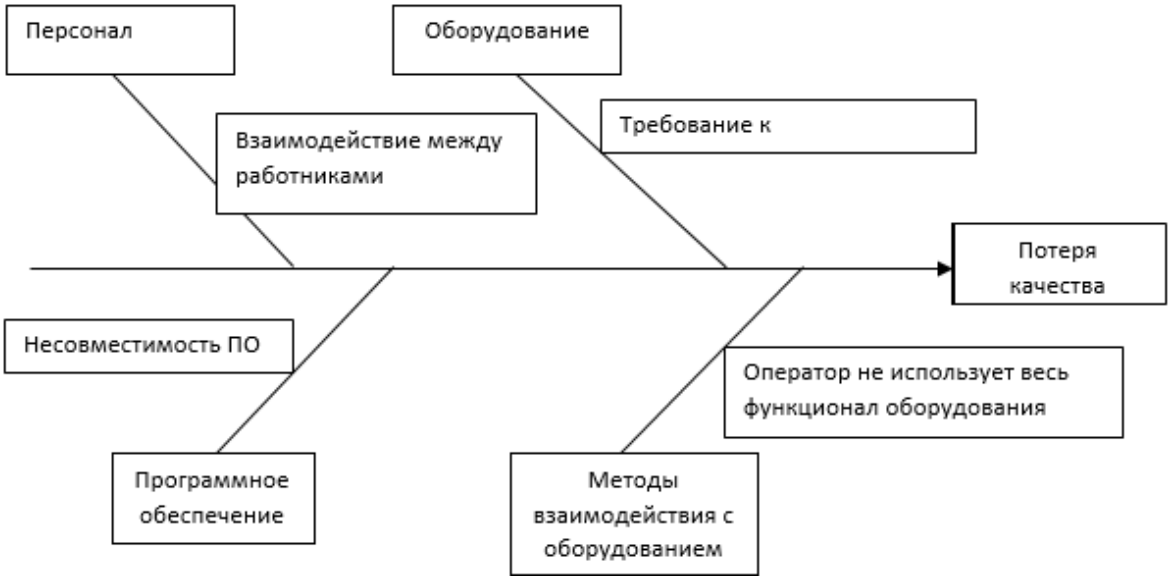


Рис. Диаграмма Исикавы

Список литературы

1. Родионов О. 7 шагов к повышению эффективности производства /Родионов О. [Электронный ресурс]: https://up-pro.ru/library/production_management/productivity/grain-7-shagov/ (дата обращения 20.03.2025).

2. Повышение эффективности станков с датчиками Renishaw. [Электронный ресурс]: https://cnc360.ru/blog/news/datchiki-renishaw-ekonomyat-vremya-na-naladku-i-uluchshayut-upravlenie-tehnologicheskim-processom/ , (дата обращения 27.04.2025).

3. Интеграция с CAD-системами SolidWorks: упрощение процесса программирования... [Электронный ресурс]: https://politek-service.ru/solidcam/integraciya-i-udobstvo-ispolzovaniya/ (дата обращения 27.04.2025).

Ермолаева Д.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
dariya.95@mail.ru
Петухов С.Л.
к.т.н., доцент кафедры «Технологии и оборудование машиностроения»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
p_sl@bk.ru

МОДЕРНИЗАЦИЯ СТЕНДА РАЗГОННЫХ ИСПЫТАНИЙ РАБОЧИХ КОЛЕС: КЛЮЧЕВЫЕ ФАКТОРЫ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ АТТЕСТАЦИИ

Аннотация. Статья посвящена вопросам подготовки к метрологической аттестации стенда разгона рабочих колес с учетом особенностей испытательного оборудования и параметров модернизации.

Ключевые слова: методика аттестации; испытательное оборудование; рабочее колесо центробежного компрессора.

Yermolayeva D.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
dariya.95@mail.ru
Petukhov S.L.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the department
«Technology and equipment of mechanical engineering»
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
p_sl@bk.ru

MODERNIZATION OF IMPELLERS ACCELERATION TESTS STAND: KEY FACTORS IN THE CERTIFICATION METHODS DEVELOPMENT

Abstact. The article is devoted to the issues of preparation for metrological certification of the impellers acceleration stand, taking into account the features of the testing equipment and modernization parameters.

Keywords: certification methods; testing equipment; centrifugal compressor impeller.

Центробежные компрессоры занимают важное место в современных промышленных системах. Энергетика и химическая промышленность, машиностроение и металлургия, производство и переработка природного газа – отрасли, которые активно используют режимы сжатия газа в своих процессах. Одной из наиболее ответственных деталей компрессора является рабочее колесо: в процессе эксплуатации оно подвергается значительным механическим нагрузкам, которые могут вызывать деформации в материале. В целях соответствия качества рабочих колес требованиям нормативной и технической документации и выявления возможных дефектов каждое рабочее колесо центробежного компрессора подвергается испытанию разгоном на специализированном стенде.

Существующий на данный момент на базе АО «НИИ турбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» стенд разгонных испытаний рабочих колес центробежных компрессоров не способен решать задачи, которые ставятся сотрудниками предприятия в рамках новых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. В связи с этим было принято решение о его модернизации, что влечет за собой необходимость разработки актуальной методики и программы аттестации.

Основополагающим документом в области аттестации испытательного оборудования является ГОСТ Р 8.568-2017 «Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения». Целью проведения аттестации испытательного оборудования данный стандарт обозначает подтверждение характеристик испытательного оборудования и возможности воспроизведения условий испытаний продукции в заданных пределах с допускаемыми отклонениями и установление пригодности использования испытательного оборудования в соответствии с его назначением [1].

Условия испытания рабочих колес центробежных компрессоров закладываются нормативной и технической документацией. Не стоит забывать и про требования заказчиков компрессорного оборудования.

Крупным заказчиком компрессорной техники АО «НИИТК» выступают предприятия нефтегазового комплекса, требования к потребляемому оборудованию и технологиям которых все чаще подвергаются унификации через разработку отраслевых стандартов.

Например, одним из таких стандартов является разработанный АО «НИИ турбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» совместно с АНО «Институт нефтегазовых технологических инициатив» СТО ИНТИ S.60.2 – 2023 «Центробежные компрессорные установки для нефтегазопереработки и нефтехимии. Общие технические условия» [2]. В соответствии с данным документом каждое рабочее колесо должно подвергаться испытанию на разгон при числе не менее 115% от максимального числа оборотов, продолжительностью не менее 1 минуты.

В связи с этим в процессе разработки методики аттестации разгонного стенда рабочих колес необходимо учесть не только требования актуальных нормативных документов в области испытательного оборудования и компрессорной техники, но и требования унифицированных отраслевых стандартов, которые используют предприятия-заказчики.

Стенд разгона рабочих колес содержит в себе элементы, вращающиеся с большой скоростью в момент проведения испытаний (до 35000 об/мин), что требует тщательной проработки параметров обеспечения защиты и требований техники безопасности.

Модернизация стенда предполагает создание дистанционного пульта управления характеристиками разгона рабочих колес с программами автоматических разгонных испытаний и функциями фиксации контролируемых параметров в цифровом формате. Такие задачи обуславливают необходимость защиты программного обеспечения и измерительной информации от непреднамеренных и преднамеренных изменений и оценки влияния на метрологические характеристики [3]. Поэтому в методике аттестации надлежит учесть и требования стандартов, в области программного обеспечения средств измерений.

В результате разработки методики аттестации модернизируемого стенда разгона рабочих колес с учетом особенностей проводимых испытаний, требований государственных стандартов и стандартов предприятия, закладываемых параметров модернизации, стенд должен пройти первичную аттестацию в региональном центре метрологии, стандартизации и сертификации.

Список литературы

1. ГОСТ Р 8.568-2017 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Аттестация испытательного оборудования. Основные положения.

2. СТО ИНТИ S.60.2 – 2023 Центробежные компрессорные установки для нефтегазопереработки и нефтехимии. Общие технические условия.

3. ГОСТ Р 8.654-2015 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Требования к программному обеспечению средств измерений. Основные положения.

Небыков Ю.Д.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
nebykov01@mail.ru
Юдаев С.Н.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
udex@list.ru

АНАЛИЗ МЕТОДИК ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается проблема расчета стоимости жизненного цикла насосного оборудования на основании существующих методик оценки стоимости жизненного цикла продукции. Анализ основывается на методиках оценки, применяемых в России, а также на примере Руководства «Pump Life Cycle Costs: A Guide to LCC Analysis for Pumping Systems», разработанного Гидравлическим институтом и Европейской ассоциацией производителей насосов в сотрудничестве с Управлением промышленных технологий Министерства энергетики США. Автор исследует применимость данных методик для расчета стоимости жизненного цикла в отношении насосного оборудования, анализирует различия имеющихся методик, а также осуществляет выбор методики, наиболее эффективной при оценке стоимо-

сти для насосного оборудования. Новизна заключается в разработке рекомендаций по выбору методики для проведения оценки стоимости жизненного цикла насосного оборудования.

Ключевые слова: стоимость жизненного цикла насоса; методики оценки стоимости; жизненный цикл насоса; эксплуатация насосного оборудования.

Nebykov Yu.D.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
nebykov01@mail.ru
Yudayev S.N.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the department « Standardization, Metrology and Certification», Moscow Polytechnic University, Russia, Moscow
udex@list.ru

ANALYSIS OF METHODS FOR ASSESSING THE LIFE CYCLE COST OF PUMPING EQUIPMENT

Abstact. The article considers the problem of calculating the life cycle cost of pumping equipment based on existing methods of assessing the life cycle cost of products. The analysis is based on the assessment methods used in Russia, as well as on the example of the Guide «Pump Life Cycle Costs: A Guide to LCC Analysis for Pumping Systems», developed by the Hydraulic Institute and the European Pump Manufacturers Association in cooperation with the Industrial Technology Agency of the US Department of Energy. The author examines the applicability of these methods for calculating the life cycle cost of pumping equipment, analyzes the differences in existing methods, and selects the method that is most effective in assessing the cost of pumping equipment. The novelty lies in the development of recommendations for choosing a method for assessing the life cycle cost of pumping equipment.

Keywords: pump life cycle cost; cost estimation methods; pump life cycle; pump equipment operation.

Повсеместное использование насосного оборудования продиктовано необходимостью перекачивания и транспортирования жидкости и газа как для бытовых нужд, так и для обеспечения бесперебойной работы предприятий и заводов. При проектировании системы трубопроводов и выборе насосного агрегата следует уделять большое внимание стоимости жизненного цикла продукции. Проведение оценки на этапе планирования или при модернизации существующей системы позволяет компании выстроить производственный процесс наиболее эффективным образом, а также снизить будущие затраты на эксплуатацию. На данный момент существует достаточно большое количество различных методик оценки стоимости жизненного цикла продукции, некоторые из них наиболее сложные в расчетах, но затрагивают большое количество факторов, что позволяет получить близкие к фактическому значению данные. С другой стороны, существуют более простые методы, применение которых к определенным типам продукции не даёт значительной погрешности, а следовательно их использование возможно наравне с более сложными решениями. В свою очередь зарубежный опыт в области исследования насосного оборудования предлагает методику оценки стоимости жизненного цикла конкретно насосных агрегатов. Следует проанализировать применимость различных методик оценки применимо к насосному оборудованию и выбрать наиболее подходящую.

Первоначальной задачей расчета стоимости жизненного цикла является выбор метода оценки. Для оценки элементов стоимости жизненного цикла применяют:

- инженерный метод;
- метод оценки по аналогии;
- параметрический метод.[1]

Выбор метода проведения оценки основывается на наличии исходных данных, а также параметров, необходимых для расчета и достаточных для проведения анализа. Исходные данные зависят типа продукции, а также от стадии жизненного цикла, на которой возможно возникновение тех или иных расходов. Расходы клиента в свою очередь делятся на две основные группы:

- расходы на приобретение оборудования
- расходы на эксплуатацию и утилизацию

Инженерный метод включает в себя прямую оценку стоимости каждого элемента изделия по отдельности. Данный метод считается самым трудоемким, так как при его использовании необходимо обладать наибольшим количеством исходных данных, включая актуальную стоимость используемых ресурсов, а также нормативные затраты на тот или иной этап жизненного цикла. Сложность применения данного метода относительно насосного оборудования может заключаться в поиске исходных данных, а также их качестве. Имеющиеся нормативы затрат на разработку и изготовление, установленные опытным путем, требуют постоянного обновления, что довольно сложно реализовать с учетом быстро развивающихся технологий изготовления и обслуживания насосных агрегатов.

Метод оценки по аналогии является более простым и менее трудоемким, так как за исходные данные принимаются уже имеющиеся стоимости схожих элементов на основе опыта эксплуатации аналогичного оборудования. Имеющиеся показатели стоимости корректируются с учетом роста цен и совершенствования технологий. Преимуществами данного метода являются относительная простота и скорость проведения оценки. На степень точности данного метода оказывает существенное влияние объективность и глубина аналогии сравниваемых изделий и затрат.[2] Однако нередко данная методика может быть ограниченно применима для оценки стоимости жизненного цикла насосного оборудования, так как довольно часто проектные решения предусматривают разработку совершенно новых моделей, которые не имеют аналогов на рынке, либо значительно отличаются составом и схожестью деталей и составных частей.

Параметрический метод основан на создании системы уравнений, представляющих собой зависимость определенных показателей и соответствующих им затрат. Данные показатели должны отражать степень полезности какой-либо характеристики изделия для потребителя. В зависимости от области применения данный метод применяется по-разному, при применении данного метода в ходе оценки стоимости жизненного цикла насоса можно оценивать такие параметры как отношение стоимости к производительности насоса, или нахождению взаимосвязи между ценой и значимостью конкретного агрегата для системы в целом.

Руководство «Pump Life Cycle Costs: A Guide to LCC Analysis for Pumping Systems», разработанное Гидравлическим институтом и Европейской ассоциацией производителей насосов в сотрудничестве с Управлением промышленных технологий Министерства энергетики США предлагает свою методику оценки стоимости жизненного цикла. Главным отличием данного руководства от принятых отечественных методик является узконаправленное применение конкретно к насосному оборудованию. Преимуществом данной методики является расчет, основанный на параметрах, оказывающих наибольшее влияние на стоимость жизненного цикла, показанных на рисунке. Каждая статья расходов рассматривается отдельно, в нее включаются все параметры и расходы, которые несет или может понести потребитель, а итоговая формула расчета включает в себя восемь элементов, в полной мере отражающих расходы потребителя на всех стадиях жизненного цикла насосного агрегата.

Так как данная методика основана на статистических показателях, особое внимание при расчете уделяется потреблению электроэнергии электродвигателем, а также затратам на обслуживание. Данный метод не имеет аналогий с российскими методиками и является наиболее узконаправленным, что говорит о легкости его применения при оценке стоимости жизненного цикла именно насосных агрегатов.

Так как культура эксплуатации насосного оборудования в России сильно уступает западной, существующие системы оценки стоимости не адаптированы для применения их к насосному оборудованию. Причиной тому служит низкая стоимость электроэнергии, а также

затраты на обслуживание в России. Именно высокая стоимость товаров и услуг в европейских странах сподвигла научные институты уделять особое внимание расчету стоимости жизненного цикла насосного оборудования еще на этапе проектирования. Приобретая насос в Европе, вы нередко можете встретить информацию о годовом потреблении электроэнергии конкретным насосом, а также стоимость владения за первый год.



Рис. Типовая структура стоимости жизненного цикла насоса общепромышленного назначения [3]

Из-за сложившихся проблем с поставками европейских агрегатов на российский рынок, потребителю приходится применять комбинированный подход, что означает использование различных методов оценки для каждого конкретного этапа жизненного цикла. Однако, учитывая успешный зарубежный опыт, можно руководствоваться методом, предложенным Гидравлическим институтом. Данное руководство в полной мере позволяет рассчитать стоимость жизненного цикла насосного агрегата, а значит может использоваться наравне с более сложными решениями.

Список литературы

1. Ростовцев С. А. Основные методы и модели определения стоимости жизненного цикла продукции ОПК // Известия ТулГУ. Экономические и юридические науки. 2017. №4-1. – С. 41-47.

2. ГОСТ Р 27.202-2012. Надежность в технике. Управление надежностью. Стоимость жизненного цикла. – Введ. 2012.09.27. – Москва: Стандартинформ, 2014 – 20 с.

3. Life Cycle Costs: A Guide to LCC Analysis for Pumpimg Systems // Office of Industrial Technologies, Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. Dept. of Energy, Hydraulic Institute, Europump, 2001 – 16 c.

Латина А.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
Avilina_89@mail.ru
Ларцева Т.А.
старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
quality.smis@mail.ru

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СКЛАДСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАМКАХ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА (СМК)

Аннотация. Статья посвящена комплексному анализу проблем складской логистики и методам их решения в рамках системы менеджмента качества. Исследование охватывает все

этапы складского технологического процесса – от приемки до отгрузки товаров. Особое внимание уделено современным методам оптимизации с использованием цифровых технологий и инструментов СМК. Приведены результаты практического внедрения предложенных решений на реальном производственном объекте, подтверждающие их эффективность. Материалы статьи могут быть полезны специалистам в области логистики, управления качеством и складскими системами.

Ключевые слова: система менеджмента качества, складская логистика, оптимизация процессов, WMS, бережливое производство, цифровизация склада.

Latina A.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Avilina_89@mail.ru
Lartseva T.A.
Senior Lecturer, Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
quality.smis@mail.ru

IMPROVEMENT OF WAREHOUSE PROCESSES WITHIN THE FRAMEWORK OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM (QMS)

Abstract. The article is devoted to a comprehensive analysis of warehouse logistics problems and methods for solving them within the quality management system. The study covers all stages of the warehouse technological process – from acceptance to shipment of goods. Particular attention is paid to modern optimization methods using digital technologies and QMS tools. The results of practical implementation of the proposed solutions at a real production facility are presented, confirming their effectiveness. The materials of the article can be useful for specialists in the field of logistics, quality management and warehouse systems.

Keywords: quality management system, warehouse logistics, process optimization, WMS, lean manufacturing, warehouse digitalization.

В условиях глобализации экономики и усиления конкурентной борьбы эффективность складской логистики становится критически важным фактором успеха предприятия. По данным исследований, до 60% общих затрат в цепочке поставок приходится на складские операции [1]. При этом современные склады трансформируются из простых мест хранения в сложные технологические комплексы, где эффективность определяется не только организацией пространства, но и уровнем автоматизации, качеством управления процессами.

Актуальность темы исследования обусловлена несколькими факторами:

–Рост требований клиентов к скорости и точности выполнения заказов;

–Увеличение доли логистических затрат в себестоимости продукции;

–Необходимость адаптации к изменяющимся условиям рынка;

–Возможности, предоставляемые цифровыми технологиями.

Целью работы является разработка комплексного подхода к оптимизации складских процессов на основе принципов СМК с учетом современных технологических решений.

Теоретические аспекты организации складских процессов

Современные концепции управления складом.

В современной логистике выделяют несколько ключевых концепций организации складской деятельности:

Lean-логистика (бережливое производство) – направлена на устранение всех видов потерь (муда) в складских процессах [2].

Основные принципы:

–Построение непрерывного потока;

–Организация вытягивающего производства;
–Стремление к совершенству.
Классификация складских процессов
Все складские операции можно разделить на три основные группы:
Основные технологические процессы:
–Приемка товаров;
–Размещение на хранение;
–Хранение;
–Комплектация заказов;
–Отгрузка.
Вспомогательные процессы:
–Внутрискладское перемещение;
–Поддержание условий хранения;
–Инвентаризация;
–Техническое обслуживание оборудования [3].
Управленческие процессы:
–Планирование мощностей;
–Управление запасами;
–Контроль качества;
–Анализ эффективности.
Каждый из этих процессов требует особого подхода к оптимизации в рамках СМК.
Анализ проблем складских процессов *[8]***.**
Типовые проблемы на различных этапах.
Приемка товаров:
–Длительное время оформления документов (до 40% времени цикла) [4]
–Ошибки идентификации (в среднем 3-5% от общего объема)
–Сложности выявления скрытых дефектов
Хранение:
–Неоптимальное использование площадей (коэффициент использования часто не превышает 60-70%) [5]**;**
–Ошибки размещения товаров;
–Нарушение условий хранения.
–Комплектация заказов:
–Низкая производительность (до 30% времени тратится на перемещения) [6];
–Ошибки подбора (в среднем 1-2% заказов);
–Неравномерная загрузка персонала.
Корневые причины проблем
Анализ с использованием диаграммы Исикавы выявил следующие основные группы причин:
Организационные:
–Отсутствие стандартизации процессов;
–Неэффективное планирование;
–Недостаточная квалификация персонала.
Технологические:
–Устаревшее оборудование;
–Отсутствие автоматизации;
–Несовершенные системы учета.
Информационные:
–Недостоверность данных;
–Отсутствие интеграции систем;
–Задержки в обмене информацией.

Человеческий фактор:

–Низкая мотивация персонала;

–Высокая текучесть кадров;

–Физическая усталость сотрудников.

Методы совершенствования складских процессов

Инструменты СМК для складов [7].

PDCA-цикл (Деминга):

–Планирование – разработка стандартов, KPI;

–Выполнение – пилотное внедрение изменений;

–Проверка – мониторинг результатов;

–Действие – масштабирование успешных решений.

Диаграмма Исикавы:

–Визуализация причинно-следственных связей;

–Выявление корневых причин проблем;

–Приоритезация направлений улучшения.

Стандартизация процессов:

–Разработка регламентов операций;

–Визуализация стандартов (фотоинструкции);

–Контроль соблюдения.

Современные технологические решения.

WMS-системы:

–Оптимизация маршрутов;

–Управление заданиями;

–Контроль качества операций.

Аналитика данных:

–Прогнозирование спроса;

–Оптимизация запасов;

–Анализ эффективности.

Практическая реализация улучшений

Описание объекта внедрения.

Исследование проводилось на складе готовой продукции с площадью 6000 м². Склад имеет две зоны хранения: основная зона на 8 500 паллетомест с температурным режимом +6/+8 и зона на 350 паллетомест с температурой +2/+3. Зона сборки, отгрузки и приёмки товара имеет 6 ворот оснащённые автоматическими воротами и доклевеллерами, общий объём составляет 198 паллетомест, а так же дополнительная зона готовых к отгрузкам продукции объёмом 132 паллетомест.

Основные характеристики:

–Объем переработки: 350-500 паллет/день;

–Номенклатура: 1 100 позиций;

–Персонал: 2 кладовщика, 1 контролёра, 3 комплектовщика, 3 грузчика, 2 водителя штабелёра;

–Используемые системы: 1С, частичная автоматизация;

–Реализованные мероприятия.

Реинжиниринг процессов [11]:

–Разработка новых схем движения товаров;

–Оптимизация зонирования склада;

–Внедрение стандартов операций.

Технологические изменения:

–Внедрение WMS (выбрана система «1С:Логистика. Управление складом»);

–Оснащение терминалами сбора данных.

Организационные изменения (Таблица):

–Пересмотр системы мотивации;

–Введение кросс-функциональных команд;

–Обучение персонала.

Таблица

Организационные изменения

Показатель	До внедрения	После внедрения	Изменение
Время приемки автомобиля 20 тонн	30 мин	20 мин	-35%
Точность комплектации	90%	99%	+9,5%
Использование площади	75%	87%	+16%
Производительность персонала	35 паллет/чел/день	46 паллет/чел/день	+30%

Экономический эффект от внедрения составил около 4,5 млн руб. в год при сроке окупаемости 1,5 года.

Перспективные направления развития

Цифровой двойник склада:

–Моделирование изменений;

–Прогнозирование результатов;

–Виртуальное тестирование решений.

Искусственный интеллект:

- Прогноз спроса;
- Оптимальное размещение товаров;
- Автоматическое планирование.

Дополненная реальность:

- Обучение персонала.

Биометрия сотрудников:

- Контроль усталости;
- Оптимизация нагрузки;
- Повышение безопасности.

Проведенное исследование подтвердило эффективность применения инструментов СМК для совершенствования складских процессов. Комплексный подход, сочетающий организационные изменения, внедрение современных технологий и развитие персонала, позволяет достичь значительного улучшения ключевых показателей.

Основные выводы:

1. Оптимизация складских процессов должна носить системный характер и охватывать все этапы – от приемки до отгрузки [9].

2. Внедрение WMS и автоматической идентификации дает быстрый экономический эффект.

3. Дальнейшее развитие складской логистики связано с цифровизацией и использованием технологий Industry 4.0.

4. Перспективой исследования является разработка методики оценки зрелости складских процессов и выбора оптимальных инструментов их совершенствования в зависимости от специфики предприятия.

Список литературы

1. Логистика: учебник / под ред. Б.А. Аникина. – М.: Проспект, 2023. – 432 с.
2. Воркут Т.П. Управление складом в цепях поставок. – СПб.: Питер, 2022. – 320 с.
3. Григорьев М.Н. Логистика. Продвинутый курс. – М.: Юрайт, 2023. – 515 с.

4. Стерлигова А.Н. Управление запасами в цепях поставок. – М.: ИНФРА-М, 2022. – 448 с.
5. Николаева Д.В. Современные складские технологии. – М.: Альфа-Пресс, 2023. – 296 с.
6. Козлов А.С. Автоматизация складской логистики. – М.: ДМК Пресс, 2022. – 264 с.
7. Cleverence. Системы управления складскими операциями, 2024. URL: https://www.cleverence.ru/.
8. LSConsulting. Основные проблемы склада, 2022. URL: https://lsconsulting.ru/.
9. Axelot. Оптимизация складских технологий, 2008. URL: https://www.axelot.ru/.
10. Логистика и управление цепями поставок. URL: https://supply-chain.org/.
11. Журнал «Логистика». URL: https://www.logistika-prim.ru/.

Иванушкин Д.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
petriv2209@gmail.com
Алексашина О.В.
к.т.н., доцент, кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
svirukova@yandex.ru

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА АНТЕННО-ФИДЕРНЫХ УСТРОЙСТВ: ОСНОВА НАДЕЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ

Аннотация. Антенно-фидерные устройства (АФУ) играют критическую роль в обеспечении стабильной работы современных систем связи, включая сети нового поколения, спутниковые и IoT-технологии. Качество этих устройств определяет не только эффективность передачи сигнала, но и устойчивость к внешним помехам. В статье рассматриваются комплексные подходы к повышению надежности АФУ, охватывающие все этапы их жизненного цикла – от проектирования до эксплуатации.

Особое внимание уделяется методам проектирования, основанным на современных технологиях моделирования, которые позволяют оптимизировать характеристики антенн и минимизировать паразитные эффекты. Рассматриваются способы борьбы с нелинейными искажениями, возникающими в пассивных компонентах, а также решения для устранения рассогласования импедансов.

Затрагиваются инновационные производственные методики, включая использование экологичных материалов и высокоточных технологий изготовления. Подчеркивается важность корректного монтажа, регулярного обслуживания и внедрения систем мониторинга, которые обеспечивают долговечность устройств в различных условиях эксплуатации.

Материал демонстрирует, как сочетание инженерных решений, технологических инноваций и управленческих практик формирует основу для создания устойчивых и эффективных систем связи, способных работать в самых сложных условиях.

Ключевые слова: антенно-фидерные устройства, моделирование, надежность, эксплуатация, мониторинг.

Ivanushkin D.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
petriv2209@gmail.com
Alexashina O.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
svirukova@yandex.ru

METHODS FOR ENHANCING THE QUALITY OF ANTENNA-FEEDER DEVICES: THE BASIS OF RELIABLE RADIO COMMUNICATION

Abstact. Antenna-feeder devices (AFDs) play a critical role in ensuring the stable operation of modern communication systems, including next-generation networks, satellite technologies, and IoT solutions. The quality of these devices determines not only signal transmission efficiency but also resistance to external interference. This article explores comprehensive approaches to improving the reliability of AFDs across their entire lifecycle – from design to operation.

Special attention is paid to design methods based on advanced modeling technologies, which optimize antenna characteristics and minimize parasitic effects. The article addresses strategies for mitigating nonlinear distortions in passive components and solutions for resolving impedance mismatches.

Innovative manufacturing techniques are discussed, including the use of eco-friendly materials and high-precision production technologies. The importance of proper installation, regular maintenance, and the implementation of monitoring systems is emphasized to ensure device durability under diverse operational conditions.

The study demonstrates how a combination of engineering solutions, technological innovations, and management practices forms the foundation for creating robust and efficient communication systems capable of functioning in the most challenging environments.

Keywords: antenna-feeder devices, modeling, reliability, operation, monitoring.

Антенно-фидерные устройства (АФУ) служат критически важным элементом любых систем радиосвязи, будь то сотовая связь, телерадиовещание, радиолокация или спутниковые коммуникации. Эти устройства представляют собой комплекс компонентов, включающий антенны, фидерные линии (кабели, волноводы), разъемы, переходники, делители мощности, фильтры и усилители, чья основная задача заключается в эффективной передаче радиочастотного сигнала между передатчиком, антенной и приемником. Хотя отдельные элементы АФУ могут казаться простыми, общая надежность и производительность системы связи напрямую зависят от качества каждого компонента и их слаженного взаимодействия. Именно поэтому управление качеством на всех этапах жизненного цикла – от проектирования и производства до монтажа и эксплуатации – становится основой стабильной работы радиосвязи.

Цель данной статьи – систематизировать методы повышения качества АФУ на всех этапах их жизненного цикла: от проектирования и производства до монтажа и эксплуатации. Мы рассмотрим не только классические подходы, такие как электромагнитное моделирование и контроль КСВН, но и инновационные решения – применение искусственного интеллекта для прогнозирования отказов, активные системы компенсации и новые материалы с уникальными свойствами.

Оптимизация проектирования антенно-фидерных устройств

Качество антенно-фидерных устройств (АФУ) формируется на этапе проектирования, где закладываются основы их надежности и эффективности. Современные инженерные под-

ходы и инструменты позволяют не только прогнозировать, но и устранять потенциальные проблемы до их проявления в реальных условиях.

Ключевую роль в проектировании играет электромагнитное моделирование**.** Программы вроде ANSYS HFSS или CST Microwave Studio дают возможность виртуально проанализировать распределение электромагнитных полей, оптимизировать геометрию антенн и предсказать паразитные эффекты, такие как резонансы или взаимные помехи. Например, при разработке антенны для базовой станции 5G моделирование позволяет снизить уровень боковых лепестков диаграммы направленности с -15 дБ до -25 дБ, что минимизирует интерференцию с соседними секторами. Это не только сокращает количество дорогостоящих итераций с прототипами, но и позволяет тестировать системы в экстремальных условиях – от арктического холода до тропической жары.

Одной из самых сложных задач является борьба с пассивной интермодуляцией (PIM) – нелинейным эффектом, при котором взаимодействие двух или более сигналов в пассивных компонентах генерирует помехи на комбинационных частотах. Например, сигналы на частотах f1=1900 МГц и f2=2100 МГц могут создавать продукты интермодуляции:

- 3-й порядок: $2f_1 - f_2$=1700 МГц, $2f_2 - f_1$=2300 МГц;
- 5-й порядок: $3f_1 - 2f_2$=1500 МГц, $3f_2 - 2f_1$=2500 МГц

Самый опасный **–** 3-й порядок, так как его частоты часто попадают в рабочий диапазон систем связи. Например, продукт 1700МГц может нарушить работу LTE-приемника, а 2300МГц – создать помехи в полосе 5G. Для подавления PIM критичен выбор материалов: разъемы с покрытием из серебра или золота вместо ферромагнитного никеля, кабели с газонаполненным полиэтиленом, снижающим диэлектрические потери. Конструктивные решения также играют роль – исключение острых углов в трактах и соблюдение минимального радиуса изгиба кабеля (не менее 10 диаметров).

Согласование импедансов между компонентами – основа эффективной передачи энергии. Рассогласование, например, между антенной (50 Ом) и кабелем (75 Ом), приводит к отражению сигнала, которое описывается коэффициентом отражения:

$$\Gamma = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$$

где Z_1 и Z_2 – сопротивления компонентов. Для стандартных систем 50 Ом (коммерческая связь) и 75 Ом (телевидение) это значение должно быть минимальным. Исторически 50 Ом стали компромиссом между мощностью и потерями, а 75 Ом – оптимумом для минимизации затухания.

При проектировании сложных систем, таких как фазированные антенные решетки или MIMO-устройства, важно минимизировать паразитные связи между элементами. Экранирование металлическими перегородками толщиной от 0.5 мм, оптимизация расстояния между излучателями и использование диплексеров с крутыми частотными скатами – все это предотвращает взаимные помехи.

Совершенствование производства

Производство антенно-фидерных устройств – это многоэтапный процесс, где точность и соблюдение технологических норм определяют итоговую надежность системы. Современные методы направлены не только на автоматизацию, но и на создание устойчивых производственных циклов, минимизирующих риск брака даже в условиях массового выпуска.

Контроль качества компонентов начинается с входных испытаний, где каждый элемент – кабели, разъемы, усилители – проходит многоуровневую проверку. Кабели тестируют на специализированных стендах, имитирующих экстремальные условия: подача сигнала мощностью до 40 Вт выявляет микродефекты изоляции, а циклические изгибы проверяют механическую устойчивость. Разъемы анализируют на предмет ПИМ с помощью двухчастотных генераторов, а усилители – на соответствие заявленному коэффициенту шума и усиления. Автоматизированные линии сборки, управляемые системами ЧПУ, обеспечивают прецизионный монтаж. Например, роботизированные манипуляторы с точностью до 5 микрон устанавливают SMA-разъемы на печатные платы, исключая перекосы и повреждение контактов.

Бессвинцовые припои с высокой температурой плавления, такие как сплавы SAC305 или SN100C, стали промышленным стандартом в соответствии с экологическими требованиями RoHS. Их температура плавления (217–227°C) на 30–40°C превышает показатели традиционных свинцовых аналогов, что потребовало адаптации технологий пайки. Для защиты термочувствительных компонентов от перегрева применяют импульсные паяльные станции с ПИД-регуляторами, обеспечивающие точность поддержания температуры в диапазоне ±2°C. Локальный нагрев инфракрасными излучателями или лазерами позволяет минимизировать тепловое воздействие на соседние элементы, а использование серебросодержащих паяльных паст снижает паразитную индуктивность в высокочастотных трактах, улучшая качество сигнала.

Калибровка обжимных инструментов для коаксиальных соединений, таких как разъемы N-типа, требует строгого контроля параметров. Момент затяжки регулируется динамометрическим ключом в пределах 5–7 Н·м, а глубина обжима гильз задается с точностью до 0.01 мм. Для предотвращения износа инструменты проходят поверку на эталонных образцах каждые 500 циклов эксплуатации. Пренебрежение этими требованиями приводит к образованию микротрещин в кабеле, что увеличивает уровень пассивной интермодуляции, создавая помехи в чувствительных приемных каналах.

3D-печать металлических компонентов революционизирует создание сложных элементов, таких как волноводы и антенные решетки. Технологии селективного лазерного спекания (SLS) и прямого лазерного выращивания (DLD) позволяют изготавливать детали из алюминия, меди или титана с точностью до 50 микрон.

Контроль электростатического разряда (ESD) – обязательное условие при работе с высокочастотными компонентами. Производственные зоны оборудуют антистатическими покрытиями, а персонал использует браслеты и одежду с токопроводящими нитями. Датчики в реальном времени отслеживают уровень статического заряда, предотвращая пробой чувствительных микросхем.

Системы управления качеством, такие как Six Sigma и TQM, интегрируются в производственные циклы. Статистический анализ данных с измерительных стендов выявляет скрытые зависимости: например, корреляцию между влажностью в цехе и уровнем PIM в разъемах. Это позволяет адаптировать условия хранения компонентов, значительно снижая брак.

Монтаж и эксплуатация антенно-фидерных устройств

Даже идеально спроектированные и изготовленные АФУ могут потерять эффективность из-за ошибок монтажа или неправильной эксплуатации. На этом этапе критично соблюдать технологические нормы, чтобы обеспечить долговечность системы. Например, при установке коаксиальных разъемов N-типа момент затяжки контролируют динамометрическим ключом в диапазоне 5–7 Н·м – превышение усилия деформирует центральную жилу кабеля, а недостаточное приводит к росту переходного сопротивления. Для защиты соединений от влаги и пыли используют термоусадочные трубки с клеевым слоем, а в экстремальных условиях, таких как морское побережье или пустыни, дополнительно применяют силиконовые герметики, устойчивые к температурам от -50°C до +150°C и УФ-излучению.

Защита от внешних воздействий включает не только герметизацию, но и антикоррозийные покрытия для антенных узлов на основе эпоксидных смол, а также прокладку кабелей в гофрированных полиамидных трубах, предотвращающих механические повреждения. В зонах с высокой влажностью, например в тропиках, кабельные трассы оснащают осушительными патрубками, заполненными силикагелем, который поглощает избыточную влагу. Регулярное обслуживание – залог стабильной работы: каждые полгода проверяют КСВН и потери, очищают контакты изопропиловым спиртом от окислов и проводят визуальный осмотр на предмет трещин или коррозии. Яркий пример – базовая станция на побережье, где отсутствие герметизации разъемов привело к их коррозии за три месяца, увеличив уровень пассивной интермодуляции и вызвав помехи в LTE-диапазоне. После замены разъемов и применения силиконового герметика уровень ПИМ вернулся к норме

Современные системы всё чаще оснащаются IoT-датчиками, которые в режиме реального времени отслеживают температуру компонентов, влажность внутри кабельной оболоч-

ки и вибрацию. Данные передаются в облачные платформы, где алгоритмы машинного обучения прогнозируют износ. Например, постепенный рост КСВН может указывать на расслоение кабеля. Для монтажников обязательна сертификация по стандартам IPC, а тренинги по ПИМ-безопасности учат избегать использования стальных инструментов и контролировать чистоту контактов.

Инновационные подходы

Современные технологии кардинально меняют подходы к повышению качества антенно-фидерных устройств, предлагая решения, которые еще несколько лет назад казались фантастикой. Одним из ключевых направлений стало использование искусственного интеллекта (ИИ) для прогнозирования отказов. Алгоритмы машинного обучения анализируют данные с датчиков температуры, вибрации и КСВН, выявляя скрытые закономерности.

Активные системы компенсации переходят из разряда экспериментальных технологий в промышленные стандарты. Цифровое предыскажение (DPD) нейтрализует нелинейные искажения усилителей мощности, которые вызывают гармоники и интермодуляцию. Адаптивные антенны с перестраиваемой диаграммой направленности, такие как Reconfigurable Intelligent Surfaces (RIS), динамически оптимизируют зону покрытия. В городских условиях это позволяет перенаправлять сигнал в обход высотных зданий, снижая затухание.

Новые материалы открывают возможности для прорыва в проектировании АФУ. Графеновые покрытия, благодаря рекордной электропроводности и гибкости, снижают потери в СВЧ-кабелях. В тестовых образцах Wi-Fi-роутеров с графеновыми антеннами достигнут КСВН ≤ 1.1 в диапазоне 2.4–6 ГГц. Керамические диэлектрики с низким коэффициентом температурного расширения стабилизируют параметры фильтров и резонаторов даже при перепадах от -60°C до +200°C, что критично для космических аппаратов.

Эти инновации не заменяют, а дополняют традиционные методы. Например, ИИ-прогнозирование интегрируется с IoT-мониторингом, создавая «цифровых двойников» АФУ для виртуального тестирования сценариев. Графеновые компоненты совместимы с 3D-печатью, ускоряя производство. Таким образом, инновации становятся связующим звеном между этапами жизненного цикла, превращая АФУ в интеллектуальные системы, способные адаптироваться к вызовам будущего – от сетей 6G до межпланетной связи.

Антенно-фидерные устройства (АФУ) остаются фундаментом современных систем связи, где их качество напрямую влияет на стабильность, скорость и помехоустойчивость передачи данных. Комплексный подход к их проектированию, производству и эксплуатации, основанный на инновационных технологиях и строгом соблюдении стандартов, позволяет минимизировать риски отказов и обеспечить долговечность систем даже в экстремальных условиях.

Ключевые достижения в этой области связаны с внедрением электромагнитного моделирования, снижающего паразитные эффекты, применением бессвинцовых материалов, соответствующих экологическим нормам, и прецизионными методами монтажа. Борьба с пассивной интермодуляцией (PIM) и точное согласование импедансов стали обязательными этапами, повышающими энергоэффективность устройств. Современные производственные технологии, такие как 3D-печать и роботизированная сборка, сокращают время изготовления компонентов, сохраняя их высокочастотные характеристики.

Особую роль играют системы мониторинга в реальном времени и прогнозная аналитика, которые трансформируют обслуживание АФУ из реактивного в превентивное. Обучение персонала и соблюдение международных стандартов завершают цепочку мер, обеспечивающих надежность.

Перспективы развития АФУ связаны с интеграцией искусственного интеллекта для адаптивного управления, использованием новых материалов (графен, метаматериалы) и переходом к квантовым технологиям. Эти инновации откроют новые возможности для создания систем связи, способных работать в условиях растущей плотности сетей и экстремальных внешних нагрузок, от глубокого космоса до подводных магистралей.

Список литературы

1. Столбинский Д.В., Бем П.П., Андреев В.А. Методы обеспечения надежности радиоэлектронных устройств // H&ES Research. – 2022.
2. Козлов С.В., Ковалевич Д.А., Листопад Н.И. Основные результаты и направления исследований по созданию антенных систем для перспективной радиоэлектронной аппаратуры // Доклады БГУИР. – 2024.
3. Котков К.В., Минькин М.А., Нарышкин М.И., Носов Н.А. Выбор технологических решений в рамках разработки методики аналитического проектирования антенно-фидерных систем специальной радиосвязи // Радиотехника. – 2021.
4. Применение дуплексеров, фильтров, преселекторов // Официальный сайт компании «Радиал». – URL: https://radial.ru/faq/texts/use/ (дата обращения: 23.04.2025).
5. Aboufoul T., Alomainy A. Compact and Efficient Reconfigurable Antennas for Flexible Radio Front-End in Cognitive Radio Systems // Advances in Wireless Technologies and Telecommunication. – 2015.
6. Tewari N., Joshi N., Srivastava S. A novel reconfigurable H-plane Horn leaky wave Substrate Integrated Waveguide MIMO antenna for K band // AEU – International Journal of Electronics and Communications. – 2023.
7. Ярмоленко В.И. Методы оценки электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств // Телекоммуникации и радиоэлектроника. – 2004.
8. Qian W., Chang Song M., Zheng Y., Wei L. Cognitive network management with optimization using network protocol and machine learning model // Computers & Electrical Engineering. – 2024.
9. Seo B. Symbol-level precoding scheme robust to channel estimation errors in wireless fading channels // ICT Express. – 2024.

Слуднова С.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва,
ssludnova@yandex.ru
Малахов А.В.
к.т.н., доцент, кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
sanya-mal1@yandex.ru

ИННОВАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ОБЛАСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. Современная хлебопекарная промышленность сталкивается с ростом требований к качеству продукции со стороны потребителей и регулирующих органов. Традиционные методы контроля, зависящие от человеческого фактора, уже не обеспечивают необходимой точности, скорости и объективности измерений. В этих условиях внедрение автоматизированных технологий становится ключевым фактором конкурентоспособности предприятий.

Цель данной статьи является проведение анализа нескольких перспективных направлений автоматизации измерительных систем, применяемых для контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, а также для оптимизации технологических процессов:

- Систем компьютерного зрения для оценки внешних параметров продукции (цвет, форма, дефекты).
- Термогравиметрических методов контроля влажности и состава.

Исследование может быть актуально для производственных инженеров хлебопекарных предприятий, технологов, разработчиков оборудования, производителей измерительных систем и приборов для пищевой промышленности рассматривающих цифровизацию как инструмент повышения качества продукции и оптимизации производственных процессов.

Ключевые слова: качество, измерительные системы, внешние параметры продукции, машинное зрение, термогравиметрия.

Sludnova S.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ssludnova@yandex.ru
Malahov A.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
sanya-mal1@yandex.ru

INNOVATIONS OF MEASURING SYSTEMS IN THE FIELD OF BAKERY PRODUCTS MANUFACTURING

Abstact. The modern bakery industry is facing increasing demands on product quality from consumers and regulatory authorities. Traditional methods of control, depending on the human factor, no longer provide the necessary accuracy, speed and objectivity of measurements. In these conditions, the introduction of automated technologies is becoming a key factor in the competitiveness of enterprises.

The purpose of this article is to analyze several promising areas of automation of measuring systems used to control the quality of raw materials, semi-finished products and finished products, as well as to optimize technological processes.:

• Computer vision systems for evaluating the external parameters of products (color, shape, defects).

• Thermogravimetric methods for humidity and composition control.

The research may be relevant for production engineers of bakery enterprises, technologists, equipment developers, manufacturers of measuring systems and devices for the food industry who consider digitalization as a tool to improve product quality and optimize production processes.

Keywords: quality, measuring systems, external product parameters, machine vision, thermogravimetry.

Хлебопекарная промышленность является одной из ключевых отраслей пищевой индустрии, обеспечивающей население важнейшим продуктом питания. В современных условиях развития технологий и растущих требований к качеству продукции особую актуальность приобретает совершенствование систем контроля и измерения на всех этапах производства хлебобулочных изделий.

Технологический процесс изготовления хлеба и хлебобулочных изделий представляет собой сложную последовательность операций, где каждый этап требует точного контроля параметров. От качества измерения температуры, влажности, массы, кислотности и других показателей зависит не только органолептическая ценность конечного продукта, но и его безопасность для потребителя.

В условиях растущих требований к качеству хлебобулочных изделий перед производителями встает ряд серьезных вызовов, связанных с ограничениями традиционных методов контроля.

Основным документом в области безопасности пищевой продукции является Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»,

который устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к пищевой продукции, связанные с требованиями безопасности жизни и здоровья человека, предупреждением действий, вводящих в заблуждение потребителей. Данный регламент определяет показатели безопасности пищевой продукции, включая микробиологические, химические, физические и радиологические показатели, которые подлежат обязательному контролю с использованием соответствующих измерительных систем и средств измерений.

Выбор современных измерительных систем для хлебопекарного производства представляет собой многокритериальную задачу, требующую комплексного анализа технических, экономических, эксплуатационных и стратегических факторов. Правильный выбор обеспечивает не только соответствие нормативным требованиям, но и экономическую эффективность производства, конкурентоспособность продукции на рынке.

Точность измерений является основополагающим критерием выбора измерительных систем и средств измерений. Требуемая точность определяется спецификациями на продукцию, требованиями нормативных документов, технологическими особенностями производства. При этом необходимо учитывать, что избыточная точность приводит к неоправданному удорожанию оборудования, а недостаточная точность может стать причиной производства некачественной продукции. Точность средств измерений характеризуется несколькими параметрами: абсолютной и относительной погрешностью, классом точности, неопределенностью измерений. Для различных видов измерений в хлебопекарной промышленности установлены различные требования к точности. Например, для весового дозирования основных компонентов требуется точность не хуже ± 0,1 %, для измерения температуры выпечки составляет ± 2 °С, для определения влажности готовых изделий ± 0,5 %.

Существующие подходы, основанные на органолептической оценке и выборочных лабораторных испытаниях, демонстрируют ряд существенных недостатков.

Основные проблемы традиционных методов включают:

– высокую субъективность оценок, зависящих от человеческого фактора;

– значительные временные затраты на проведение анализов;

– ограниченную точность измерений;

– риск пропуска брака при выборочном контроле;

– ошибки при ручном документировании;

– отсутствие возможностей для прогнозирования качества.

Все вышеперечисленные подходы и методы основываются на применении широкого спектра средств измерений. Управление, обновление и учет всего парка является весьма непростой задачей [1, 2]. Например, на основе применения [3] можно сделать вывод о том, что разработка новых измерительных систем и средств измерений является финансово затратным мероприятием. Также немаловажным является вопрос, раскрытый в [4, 5].

Эти вызовы успешно решаются за счет внедрения современных автоматизированных решений контроля качества продукции [6].

Автоматизация производства становится ключевым фактором конкурентоспособности предприятий хлебопекарной промышленности. Одним из перспективных направлений автоматизации является внедрение систем компьютерного зрения, способных осуществлять оперативный контроль качества продукции в режиме реального времени.

Современные системы автоматизированного компьютерного зрения активно применяются в различных сферах и внедряются в хлебопекарной промышленности для контроля качества продукции на всех этапах производства.

Принцип работы:

1) Камеры фиксируют изделия в разных спектрах (RGB, ИК, УФ).
2) Алгоритмы очищают изображения и выделяют зоны анализа.
3) Оценка параметров с помощью ИИ и компьютерного зрения:

– анализ цвета корки (Lab*/RGB);

– контроль формы и геометрии;

– оценка пористости мякиша;

– выявление дефектов поверхности;

– автоматическая классификация продукции;

– принятие решений о качестве продукции [7, 8].

Одна камера выполняет весь комплекс проверок: от оценки внешнего вида до выявления брака. Обработка данных на внешних модулях позволяет использовать стандартное оборудование и легко адаптировать систему.

Технология снижает затраты, сокращая потребность в датчиках и исключая выборочный контроль. Быстрое выявление отклонений делает производство более надежным и экономически эффективным.

Контроль влажности является одним из важнейших параметров качества в хлебопекарной промышленности. Современные технологии производства требуют применения высокоточного оборудования для оперативного мониторинга данного показателя. Для этих целей проводится термогравиметрический анализ. Термогравиметрический анализ представляет собой один из наиболее точных абсолютных методов анализа, основанный на измерении изменения массы вещества при его нагревании. Метод позволяет определить содержание влаги и других летучих веществ в хлебобулочных изделиях. Принцип работы анализатора основан на непрерывной регистрации зависимости изменения массы материала от времени или температуры при нагревании. При этом одновременно фиксируется выделение или поглощение тепла образцом. Метод применим для определения влажности в диапазоне 19-60 % и используется: для контроля качества хлебобулочных изделий, при возникновении разногласий в оценке влажности, для расчета пищевой ценности продукции. Одним из основных средств измерений в данном методе являются влагомеры.

Современные влагомеры быстро (за 5-15 мин) и точно измеряют влажность любых материалов. Устройство состоит из ИК-нагревателя, точных весов и управляющего блока. Работает полностью автоматически: взвешивает образец 1,5-20 г, сушит и выдает результат.

Комбинация ИК-нагрева и термогравиметрии позволяет получать максимально полную информацию о составе и свойствах исследуемых материалов, ускоряет процесс в разы без ущерба точности [9]. Такой комплексный подход обеспечивает полный контроль качества на всех этапах хлебопекарного производства, от входного контроля сырья до оценки готовой продукции.

Таким образом, компьютерное зрение и термогравиметрия трансформируют контроль качества и выводят данный процесс на новый, инновационный уровень, сокращая при этом брак и оптимизируя процессы производства. Эти технологии объединяют визуальный анализ с точными измерениями, выходя за рамки простого мониторинга благодаря прогностическим функциям. Ключевым преимуществом становится комплексный подход, объединяющий визуальный контроль с точными физико-химическими измерениями. Особую перспективу представляет интеграция таких решений в единую цифровую платформу предприятия, что позволяет охватить весь производственный цикл от входного контроля сырья до отгрузки готовой продукции. Такой подход формирует новый отраслевой стандарт, сочетающий высокую оперативность и точность контроля качества изготовления хлебопекарной продукции с экономической эффективностью.

Список литературы

1. Малахов, А. В. Разработка структуры и описание алгоритма функционирования информационно – аналитической подсистемы управления обновлением парка метрологической техники / А. В. Малахов, Л. И. Шитова // Модели и методы повышения эффективности инновационных исследований: сборник статей Международной научно-практической конференции, Киров, 12 сентября 2024 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «ОМЕГА САЙНС», 2024. – С. 38-41. – EDN SQAWEU.

2. Constructions of statistical estimates of digital measurement error in the case of small samples / D. S. Ershov, A. V. Malahov, T. A. Levina, R. Z. Khayrullin // Journal of Physics: Conference Series. – 2024. – Vol. 2697, No. 1. – P. 012078. – DOI 10.1088/1742-6596/2697/1/012078. – EDN UIOKES.

3. Малахов, А. В. Модель планирования модернизации вторичных эталонов / А. В. Малахов, Л. И. Шитова // Метрологическое обеспечение инновационных технологий: IV Международный форум: сборник статей, Санкт-Петербург, 04 марта 2022 года / Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2022. – С. 37. – EDN IPVAMQ.

4. Малахов, А. В. Подход к оцениванию уровня автоматизации метрологических работ и услуг / А. В. Малахов, Л. И. Шитова // Институциональная трансформация научной среды в условиях цифровизации: Сборник статей Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Челябинск, 27 января 2023 года. Том Часть 1. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «ОМЕГА САЙНС», 2023. – С. 114-119. – EDN EZFWUT.

5. Сысоев, Д. О. Модель оценивания эффективности автоматизированных измерительных систем / Д. О. Сысоев, А. В. Малахов, Л. И. Шитова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 2. – С. 388-391. – EDN JNJUUK.

6. Коровина, Е. В. Автоматизация как фактор повышения качества работы предприятия / Е. В. Коровина, О. Ф. Вячеславова // СМиС-2023. Технология управления качеством = SMaC 2023. Quality management technology: Материалы Международной научно-технической конференции = Proceedings of the International Scientific and Technical Conference, Москва, 17–19 мая 2023 года. – Москва: Московский политехнический университет, 2023. – С. 317-321. – EDN HPFLYW.

7. Печерский, Д. К. Использование методов компьютерного зрения для улучшения качества продукции пищевых предприятий / Д. К. Печерский, Н. А. Забенкова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2021. – № 6 (348). – с. 29.

8. Компьютерное зрение в 2024 году: Главные задачи и направления / Хабр: https://habr.com/ru/companies/otus/articles/810207/

9. Особенности применения экспрессных термогравиметрических влагомеров в хлебопекарной и булочно-кондитерской промышленности: https://vlagomer.ru/viki/articles/razdel-1/osobennosti-primeneniya-ekspressnykh-termogravimetricheskikh-vlagomerov-v-khlebopekarnoy-i-bulochno-/

Чернявский А.И.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
andreych2001@gmail.com
Адылина А.П.
к.т.н, доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
dmitr1eva@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В этой статье рассмотрено ключевые компоненты инновационной системы менеджмента бережливого производства, в том числе: принципы, лежащие в основе подхода; основные принципы, формирующие основу, интеграция аддитивных технологий в систему менеджмента бережливого производства, этапы бесперебойного внедрения, реальные примеры операционного совершенства.

Ключевые слова: система менеджмента бережливого производства, аддитивные технологии, 3D-печать.

Chernyavsky A.I.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
andreych2001@gmail.com
Adylina A.P.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Standardization,
Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
dmitr1eva@mail.ru

APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE IMPLEMENTATION OF LEAN PRODUCTION METHODS

Abstact. This article examines the key components of an innovative lean manufacturing management system, including: the principles underlying the approach; the basic principles forming the basis, the integration of additive technologies into the lean manufacturing management system, the stages of uninterrupted implementation, and real-world examples of operational excellence

Keywords: lean manufacturing management system, additive technologies, 3D printing.

Цель бережливого производства – максимизировать потребительскую ценность за счет минимизации деятельности, не приносящей добавленной стоимости, которая называется «муда» (японский термин, обозначающий потери). Muda включает в себя восемь видов потерь, которых следует избегать для достижения бережливого производства и совершенствования процессов [1]. Эти виды потерь показаны на рисунке и могут быть разделены на указанные там категории.



Рис. Виды потерь

Эти потери напрямую влияют на затраты, поскольку они связаны с операциями, не создающими добавленной стоимости, которые не улучшают процессы или продукцию компании. В дополнение к muda, бережливое производство также занимается двумя другими видами потерь: mura и muri. Mura означает неравномерность или вариативность производственного процесса, в то время как muri означает перегрузку или превышение производственных возможностей. И mura, и muri могут привести к увеличению потерь и снижению эффективности производства.

Выявляя и устраняя эти потери, организации могут оптимизировать свои процессы, снизить затраты и повысить общую эффективность и качество.

Аддитивное производство может быть более эффективным и производить меньше потерь по сравнению с традиционными методами производства, которые часто основаны на резке или придании формы материалам для создания конечного продукта.

Тем не менее, аддитивное производство может привести к некоторым потерям материала, особенно при добавлении дополнительных слоев для заполнения пробелов или придания объекту большей детализации. Хотя есть способы минимизировать потери, используя методы проектирования, которые позволяют избежать чрезмерного использования материалов, и 3D-принтеры, которые могут перерабатывать неиспользуемый материал.

Другим потенциальным источником потерь при аддитивном производстве является материал, из которого изготовлен печатный объект. В зависимости от используемого материала, некоторые потери могут остаться после печати объекта. Возможно, этот материал можно будет использовать повторно для будущих отпечатков, но он также может считаться потерей, если используется неэффективно.

Важно продолжать поиск путей минимизации любых потерь и максимального повышения эффективности использования материалов при использовании аддитивного производства. Таким образом, вопрос заключается в том, как 3D-печать может помочь решить восемь ранее упомянутых проблем.

Транспортировка и ненужные перемещения. Аддитивное производство может помочь сократить транспортировку и ненужные перемещения деталей. Поскольку при 3D-печати деталь изготавливается по цифровому образцу, не требуя нескольких этапов производства, отпадает необходимость перемещать детали между различными производственными площадками или цепочками поставок, что может значительно сократить транспортные расходы и сроки выполнения заказа.

Управление запасами: При традиционных методах производства компании часто производят большое количество продукции и хранят ее на складе до тех пор, пока она не будет продана, что приводит к увеличению капитала и увеличивает риск избыточных запасов. Используя 3D-печать для производства продукции по запросу, компании могут сократить потребность в больших запасах и свести к минимуму потери.

Излишние передвижения: При использовании аддитивных технологий детали изготавливаются полностью на одном рабочем месте (например, на 3D-принтере), что избавляет сотрудников от необходимости совершать ненужные движения во время создания или сборки деталей. Это может привести к повышению эффективности и снижению затрат на рабочую силу.

Ожидание и время выполнения заказа: Использование аддитивного производства часто требует меньшего количества производственных этапов по сравнению с традиционными методами благодаря прямому изготовлению деталей из файла цифрового дизайна. В результате заказчики могут рассчитывать на сокращение сроков выполнения заказа и времени ожидания. Кроме того, производство по требованию с помощью 3D-печати устраняет необходимость в дополнительных тиражах и отгрузке с разных производственных мощностей, позволяя доставлять продукцию сразу после завершения производства.

Перепроизводство: Аддитивное производство позволяет производить продукцию по требованию, а это означает, что продукция производится только тогда, когда это необходимо, что снижает риск перепроизводства. Кроме того, 3D-печать позволяет создавать сложные геометрические формы, которые нелегко достичь традиционными методами производства, что может еще больше сократить потери материалов и необходимость в избыточном производстве.

Дополнительная обработка: Аддитивное производство обычно включает в себя меньшее количество этапов обработки, чем традиционные методы производства, что может снизить риск дополнительной обработки. При 3D-печати деталь создается слой за слоем с использованием файла цифрового дизайна и материала для 3D-печати, а завершающие процессы необходимы только в том случае, если требуются определенные характеристики детали или отделка поверхности.

Дефекты: Хотя аддитивное производство позволяет сократить количество потерь на определенных этапах производственного процесса, дефекты все равно могут возникать в процессе печати или в результате других факторов, таких как конструктивные недостатки или свойства материала. Поэтому меры контроля качества, такие как инспекция и тестирование, важны для выявления и устранения дефектов до того, как конечный продукт будет доставлен заказчику [2].

Неиспользованный человеческий потенциал или неиспользованный творческий потенциал. С этой проблемой можно справиться с помощью таких методов, как обучение и вовлечение сотрудников, поощрение предложений и обратной связи от сотрудников и создание культуры постоянного совершенствования. Хотя аддитивное производство не может напрямую устранить эти потери, оно может способствовать повышению эффективности и рационализации производственного процесса, что, в свою очередь, может высвободить время и ресурсы для сотрудников, которые смогут сосредоточиться на тех областях, где их навыки и знания могут быть использованы более эффективно.

Что касается muri и потерь mura, то аддитивное производство может помочь сократить количество потерь muri за счет оптимизации производственного процесса, упрощения конструкции и снижения потребности в сложном оборудовании и оснастке. Аддитивное производство может помочь снизить затраты, обеспечивая большую гибкость производства, позволяя изготавливать детали по индивидуальному заказу и сокращая потребность в запасах. Это может помочь обеспечить более равномерное распределение продукции и более эффективное использование ресурсов. В целом, интеграция аддитивного производства в принципы бережливого производства может помочь сократить количество всех видов потерь, включая muda, muri и muraro, что приведет к повышению эффективности, экономии средств и повышению потребительской ценности.

Аддитивное производство может значительно сократить количество потерь и способствовать устойчивому развитию производства [3]. Аддитвные технологии эффективно способствуют сокращению потерь, что является важным аспектом бережливого производства. 3D-печать снижает затраты, сводит к минимуму потери материалов, устраняет необходимость в запасах и производит изделия на основе заказов клиентов. В конечном счете, такой производственный процесс повышает качество продукции и сокращает сроки его изготовления.

Список литературы

1. Папанова, С. Ю. Особенности процесса обучения в контексте внедрения концепции «бережливого производства» / С. Ю. Папанова // Профессиональное образование в условиях цифровизации экономики: Материалы Международной научно-методической конференции, Белгород, 17–18 марта 2020 года. – Белгород: Автономная некоммерческая организация высшего образования «Белгородский университет кооперации, экономики и права», 2020. – С. 98-104.

2. Аддитивные технологии. Современные методы 3D-печати: Учебно-методическое пособие для обучающихся по направлениям подготовки: 09.03.01 – Информатика и вычислительная техника; 09.03.04 – Программная инженерия; 27.03.03 – Системный анализ и управление; 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств / С. Г. Менюк, В. В. Дядичев, Г. Р. Биленко, Д. С. Менюк. – Симферополь: ООО «Издательство Типография «Ариал», 2024. – 114 с.

3. Самусенко, М. П. Бережливое производство 4.0: интеграция концепций / М. П. Самусенко // Современные научные исследования: гуманитарные и технические науки: сборник материалов LVI-ой международной очно-заочной научно-практической конференции, в 2 т., Москва, 25 ноября 2024 года. – Москва: НИЦ «Империя», 2024. – С. 117-120.

Клочков А.Я.
к.т.н., доцент кафедры электроснабжения,
РГАТУ,
Россия, Рязань
klochkov500@mail.ru
Клочкова Д.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва,
ddasha2017@yandex.ru
Клочков Я.М.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
gluhihyak@gmail.com
Юдаев С.Н.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
udex@list.ru

ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ФОТОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ НЕСТАЦИОНАРНОГО ФОТОТОКА

Аннотация. Одно из особых требований, предъявляемых к технологии управления качеством полупроводников, применяемым в электронных устройствах нейросетей и систем искусственного интеллекта, состоит, прежде всего, в том, чтобы материалы обладали управляемым количеством параметров и, в частности, оптически активных дефектов. В современное время для определения оптически активных дефектов покрытий используются ряд методов, из которых самым эффективным и достоверным является метод нестационарного тока. Необходимо заметить, что, этот метод может иметь несколько разновидных модификаций, за которыми на сегодняшний день еще не определились какие-либо стабильные названия. Для определения параметров оптически активных дефектов в фотонных материалах покрытий здесь применен, так называемый, нестационарный фотоковый метод, принятый называться долговременной релаксации неравновесной проводимости. Целью нашего исследования разработка теории и определение алгоритма параметров электрически активных дефектов, создающие глубокие энергетические центры, определяющие свойства фотонных материалов, методом нестационарного фототока.

Ключевые слова: технология управления качеством, фотонные материалы; метод нестационарного фототока; глубокие энергетические центры.

Klochkov A.Ya.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Supply
RGATU
Russia, Ryazan
klochkov500@mail.ru
Klochkova D.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ddasha2017@yandex.ru

Klochkov Ya.M.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
gluhihyak@gmail.com
Yudaev S.N.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
udex@list.ru

PHOTONIC MATERIALS QUALITY MANAGEMENT TECHNOLOGY BY NON-STATIONARY PHOTOCURRENT METHOD

Abstact. One of the special requirements for semiconductor quality management technologies used in electronic devices of neural networks and artificial intelligence systems is, first of all, that materials have a controlled number of parameters and, in particular, optically active defects. In modern times, a number of methods are used to determine optically active coating defects, of which the most effective and reliable is the unsteady current method. It should be noted that this method may have several different modifications, for which no stable names have yet been determined. To determine the parameters of optically active defects in photonic coating materials, the so-called non-stationary photocell method is used here, which is called long-term relaxation of nonequilibrium conductivity. The purpose of our research is to develop a theory and determine an algorithm for the parameters of electrically active defects that create deep energy centers that determine the properties of photonic materials using the unsteady photocurrent method.

Keywords: Quality management technology, photonic materials; unsteady photocurrent method; deep energy centers.

Применение фотонной пленки фоточувствительного полусвето проводника (фотомаска при пассивации, изоляция фото датчиков, или активные элементы для определения функции взаимодействия в нейросетях [1-10]) в оптоэлектронике (структура «проводник туннельная плёнка – световод») предполагает наличие стабильного сочетания оптических свойств, поскольку фотонного бездефектного материала не существует и в ближайшей перспективе это будет пока так[11-14]. Требование к получению достоверной информации для технического регулирования технологии управления качеством фотонного материала является неотъемлемым условием контроля оптически активных дефектов, с целью определения их природы [15-21].

В этом случае, процессы активности дефектных материалов сопровождаются искажением информации [6-7]. Наличие фото активных глубоких центров в структуре фотонного материала ухудшает его параметры стабильности, в частности за счёт этого снижается нейросетевое взаимодействие [1,13-17]. Для определения этого параметра покрытий здесь используется, нестационарный, фототоковый метод, получивший название долговременной релаксации заряда [8-10].

Сущность нестационарного фототокового метода состоит в воздействии квантов света на барьерный слой фоточувствительного полупроводника. Необходимость разработки математической модели, которая способна рассчитать параметры глубоких энергетических уровней в структуре [1-5]. Выделения концентрации глубоких уровней [4,7,9] оптической составляющей релаксационного процесса в этих фоточувствительных материалах необходимо было замораживать исследуемый объект. Ниже предлагается теоретическая модель для этих исследований [17-21], в которой учитываются, особенности применяемого материла [7-11] для получения достоверных концентраций глубоких центров с целью определения их природы появления в процессе технического управления качеством фотонных материалов.

Ниже температуры замораживания ($e_n^t = e_p^t = 0$) зависимость концентрации глубоких энергетических центров [1-7] во времени выглядит:

$$n_T(t) = \frac{e_p^0}{e_n^0+e_p^0} N_{TT} + \left(n_T(0) - \frac{e_p^0}{e_n^0+e_p^0} N_{TT}\right) exp\left[-(e_n^0 + e_p^0)t\right] \quad (1)$$

Используя уравнение (1), получим зависимость фототока от времени в виде

$$\Delta J_R^0(t) = q(W - W_0)N_{TT}\left\{\left(1 - \frac{1}{D}\right)e_p^0 + \left(\frac{1}{D}e_n^0 - \left(1 - \frac{1}{D}\right)e_p^0\right) * \left[\frac{e_p^0}{e_n^0+e_p^0} + \left(\frac{n_T(0)}{N_{TT}} - \frac{e_p^0}{e_n^0+e_p^0}\right) * exp\left[-(e_n^0 + e_p^0)t\right]\right]\right\} \quad (2)$$

Таким образом, при любых условиях время затухания задается в виде

$$\tau = \frac{1}{e_n^0+e_p^0} \quad (3)$$

Следовательно, если энергию фотонов одного источника света выбрать так, чтобы $E_T - E_v > hv > E_c - E_T$, то e_p^0=0, а абсолютное значение e_n^0 получится непосредственно из времени затухания, если $n_T(0) > 0$. Это условие легко достигается путем облучения образца светом, энергия фотонов которого выбирается так, чтобы $E_T - E_v < hv < E_c - E_v$. Для этих измерений не нужно никакой информации [1-5] о e_p^0, N_{TT}, D, профиле примеси или типе перехода, так как $N_D \gg N_{TT}$ и $(W - W_0)$ остается константой. Измерение общего спектра нестационарными методиками [6-8] занимает очень много времени, хотя и поддается машинному контролю. Здесь быстрее всего измерить абсолютные значения спектрального распределения σ_n^0 можно одним из стационарных методов с последующей градуировкой по одному нестационарному измерению.

Методика нестационарного фототока также используется для изучения e_p^0, но для этого случая она менее выгодна [1-3]. Подбирая начальные условия [6-11] так, чтобы $n_T(0) = N_{TT}$, и используя уравнение (2), можно получить следующее соотношение

$$(e_n^0/e_p^0) = D(J_R^0(0)/J_R^0(\infty)) - 1 \quad (4)$$

где $J_R^0(0)$ и $J_R^0(\infty)$- начальное и конечное установившееся значение нестационарного фототока [1-9]. Абсолютные значения e_n^0 и e_p^0 могут в принципе быть рассчитаны для всех энергий фотонов при условии $hv < E_c - E_v$, если известно D (4). Однако, как уже отмечалось выше, точное определение значения D является достаточно сложным и занимает много времени.

Предлагается другой способ получения абсолютных значений спектров σ_n^0 и σ_p^0, если D неизвестно. – Это измерение спектральных распределений σ_n^0 и σ_p^0 одним из стационарных методов и калибровка спектра σ_n^0 на основе абсолютных значений, полученных при нестационарных измерениях. Зная σ_n^0 для всех энергий фотонов, спектр σ_p^0 легко откалибровать в абсолютных единицах путем измерения отношения $J_{Rh}^0(\infty)/J_R^0(\infty)$ при соответствующих энергиях фотонов. Из уравнений (2) и (3) видно, что это отношение определяется величиной $1 + e_p^0/e_n^0$, а, следовательно, и $1 + \sigma_p^0/\sigma_n^0$, если и $J_{Rh}^0(\infty)$ и $J_R^0(\infty)$ рассчитать для одинаковых значений потока фотонов φ. Так, как σ_n^0 известно, то σ_p^0 можно измерить для любого соответствующего значения энергии фотонов. Это измерение легко осуществить. Диод сначала облучается фотонами с энергией hv, что дает конечное значение нестационарного тока $J_R^0(\infty)$. Дополнительное облучение диода вторым источником с энергией фотонов hv_s и потоком фотонов $\varphi_s \gg \varphi$ дает $J_{Rh}^0(\infty)$, а отношение этих двух стационарных токов дает величину $1 + \sigma_p^0/\sigma_n^0$. Так как обычно абсолютные значения потока фотонов всегда трудно определить. Преимуществом данного метода является то, что для этого не нужны ни значения φ, ни значения φ_s, если измерено σ_n^0 при условии $\varphi_s \gg \varphi$.

Фототоковые методики наиболее удобны для p-n переходов, так как в барьерах Шоттки энергетическая область спектра, которую нужно исследовать, ограничена высотой барьера. Для многих полупроводников типа A2B6 более удобно пользоваться не токовыми, а емкостными методиками для измерений оптических поперечных сечений. Во всех случаях, где нельзя применить СМПФ или требуется высокая чувствительность при измерении σ_n^0 (для центров, расположенных в верхней половине запрещенной зоны), необходимо пользоваться нестационарными фотоемкостными методами [1-5].

Список литературы

1. Левина, Т. А. К вопросу о влиянии параметров процесса на механические свойства 3D-печати FDM: комплексный обзор / Т. А. Левина, И. С. Кушнир, Я. М. Глухих, А. Я. Клочков // Вестник РГАТУ. – 2023. – Т.15, №3. – С.123-131.

2. Каширин, Д. Е. Анализ точности определения электрических параметров диодов Шоттки, широко применяемых в сельском хозяйстве / Д. Е. Каширин, Т. А. Левина, Я. М. Глухих [и др.]//Инновационные научно-технологические решения для АПК, Рязань, 20 апреля 2023 года. Том Часть II. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С.83-88.

3. Каширин, Д. Е. Оценка качества датчиков, применяемых в сельскохозяйственной технике / Д. Е. Каширин, А. Я. Клочков, Т. А. Левина [и др.] // Вестник РГАТУ. – 2023. – Т.15, №1. – С. 136-143.

4. Глухих, Я. М. Влияние режимов отжига на механические свойства листов алюминиевого сплава/Я. М. Глухих, В. В. Овчинников // Наука и инновации – современные концепции: Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума, Москва, 29 июля 2022 года. – Москва: Инфинити, 2022. – С.130-136.

5. Овчинников, В. В. Свариваемость новых алюминиево-кальциевых сплавов, легированных цинком и магнием, при сварке плавлением / В. В. Овчинников, Я. М. Глухих, Е. О. Проценко // Электрометаллургия. – 2024. – №1. – С.3-15.

6. Кудряшова, Д. А. Релаксационные процессы технической эксплуатации полупроводниковых материалов и структур в технике/Д. А. Кудряшова, Я. М. Глухих, Т. А. Левина // Инновационные инженерные решения для АПК: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Рязань, 28 марта 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 200-204. – EDN OSSVTB.

7. Клочков, Я. М. Управление бизнес-процессами в АПК / Я. М. Клочков, Д. А. Кудряшова // СМИС-2024. Технологии управления качеством: Материалы Международной научно-технической конференции, Москва, 22–24 мая 2024 года. – Москва: Московский Политех, 2024. – С. 413-419.

8. Клочков, А. Я. Совершенствование технологии и средств контроля сенсорных компонентов сельскохозяйственной техники/А. Я. Клочков, А. И. Чернявский, Я. М. Клочков, Д. А. Кудряшова // СМИС-2024. Технологии управления качеством: Материалы Международной научно-технической конференции, Москва, 22–24 мая 2024 года. – Москва: Московский Политех, 2024. – С.420-428. – EDN AXICWL.

9. Кудряшова, Д. А. Методы оптимизации работы складского хозяйства полиграфических предприятий/Д. А. Кудряшова // СМИС-2024. Технологии управления качеством: Материалы Международной научно-технической конференции, Москва, 22–24 мая 2024 года. – Москва: Московский Политех, 2024. – С.558-564. – EDN NWVRME.

10. Левина, Т. А. Надёжность электронных систем, обеспечивающих нейронные связи искусственного интеллекта в сельскохозяйственном машиностроении / Т. А. Левина, А. В. Шемякин, Я. М. Клочков [и др.] // Вестник РГАТУ.–2024. – Т.16, №3. – С.141-150.

11. Глухих, Я. М. Особенности полупроводникового материала повышенной стойкости для датчиков Холла сельскохозяйственной техники / Я. М. Глухих, Д. А. Кудряшова, Т. А. Левина // Научно-исследовательские решения высшей школы: Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань: РГАТУ, 2023. – С.13-14.

12. Глухих, Я. М. Параметры и свойства материалов при низкотемпературном освещении ОКГ интеллектуальных электронных технических систем АПК / Я. М. Глухих, Д. А. Кудряшова, Т. А. Левина // Научно-исследовательские решения высшей школы: Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань: РГАТУ, 2023. – С.15-16.

13. Кудряшова, Д. А. Свойства полупроводникового материала для интеллектуальной системы АПК в далёкой инфракрасной области / Д. А. Кудряшова, Я. М. Глухих, Т. А. Левина // Научно-исследовательские решения высшей школы: Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань, 26 декабря 2023 года. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С.31-32.

14. Кудряшова, Д. А. Сенсоры в сельскохозяйственной технике / Д. А. Кудряшова, Я. М. Глухих, Т. А. Левина // Научно-исследовательские решения высшей школы: Материалы студенческой научной конференции, 26 декабря 2023 года, Рязань, 26 декабря 2023 года. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С.33-34.

15. Bavykin, O. Use of fractal analysis to evaluate the surface quality of agricultural machinery parts / O. Bavykin, T. Levina, V. Matrosova [et al.] // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. – P.00189.

16. Борисова, Д. В. Риски реализации инновационной стратегии предприятия / Д. В. Борисова, Т. А. Левина // Вестник ААЭП. – 2020. – №4-1. – С.12-18.

17. Makolov, V. I. Assessment of key aspects of the organizational context for quality management / V. I. Makolov, T. A. Levina // International Journal of Economic Perspectives. – 2017. – Vol. 11, No.4. – P.642-651. – EDN WUEJAW.

18. Клочков, А. Я. Дифференциальный метод как один из инструментов функционального анализа сельскохозяйственных технических систем / А. Я. Клочков, Т. А. Левина, В. В. Мартишкин, Я. М. Глухих // Вестник РГАТУ. – 2022. – Т.14, №4. – С.145-153.

19. Кузьменко, А. П. Место DLTS в тестировании промышленных технологий, трудности и противоречия существующей теории / А. П. Кузьменко, А. Я. Клочков, Т. А. Левина, А. М. Левин // Физика и технология наноматериалов и структур: Сборник научных статей 3-й Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Курск, 23–25 мая 2017 года. Том 2. – Курск: ЗАО «университетская книга», 2017. – С.309-313.

20. Vyacheslavova, O. Analysis of the data collection and processing system for assessing the actual reliability of domestic tractors exemplified by PJSC «Promtractor» / O. Vyacheslavova, I. Parfenyeva, T. Levina, A. Klochkov // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. – P.00190.

21. Клочков, А. Я. Обучение на основе науки / А. Я. Клочков, Т. А. Глухих // В мире научных открытий. – 2010. – №1-2(7). – С.204-206. – EDN KZDMPT.

22. Левина, Т. А. Проектирование адаптивной системы менеджмента качества на машиностроительных предприятиях / Т. А. Левина, Г. И. Грозовский, А. С. Макушкин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – №12. – С.58-61.

Юдин Д.В.
аспирант,
МГТУ «СТАНКИН»,
Россия, Москва
udindv@mail.ru
Феофанов А.Н.
д.т.н., профессор кафедры «Инженерная графика»,
МГТУ «СТАНКИН»,
Россия, Москва
feofanov.fan1@yandex.ru

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ ЗА СЧЕТ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ОБРАБОТКИ

Аннотация. В статье рассматривается проблема повышения качества механической обработки деталей путем разработки автоматизированной системы выбора параметров обработки. Актуальность исследования заключается в создании функциональной модели системы, позволяющей оптимизировать технологические процессы и снизить себестоимость производства при сохранении высокого качества продукции. Задача исследования состоит в проведении функционального моделирования, автоматизированной системы, для определения ее иерархической структуры выявления взаимосвязей. При исследовании использована методология структурного анализа позволяющая рассматривать систему на разных уровнях абстрагирования. Новизна ра-

боты заключается в том, что в основе функциональной модели была использована классификация припуска, которая позволяет установить взаимосвязь между параметрами припуска и параметрами обработки. При разработке модели определены основные функции автоматизированной системы, точки интеграции с другими автоматизированными системами управления предприятия, входные и выходные данные. Результаты исследования будут использованы при разработке автоматизированных систем технологической подготовки производства.

Ключевые слова: качество продукции, автоматизированная система, функциональное моделирование.

Yudin D.V.
Postgraduate Student
MSUT «STANKIN»
Russia, Moscow
udindv@mail.ru
Feofanov A.N.
Doctor of Technical Sciences, Professor Department of Engineering Graphics
MSTU «STANKIN»
Russia, Moscow
feofanov.fan@yandex.ru

IMPROVING THE QUALITY OF MECHANICAL CUTTING PROCESSING BY DEVELOPING AN AUTOMATED SYSTEM FOR SELECTING PROCESSING PARAMETERS

Abstact. The article deals with the problem of improving the quality of machining of parts by developing an automated system for selecting machining parameters. The relevance of the study is to create a functional model of the system, which allows to optimise technological processes and reduce production costs while maintaining high product quality. The task of the study is to conduct functional modelling, automated system, to determine its hierarchical structure to identify the interrelationships. In the study used the methodology of structural analysis allows you to consider the system at different levels of abstraction. The novelty of the work lies in the fact that in the basis of the functional model was used classification of the allowance, which allows you to establish a relationship between the parameters of the allowance and processing parameters. During the development of the model, the main functions of the automated system, integration points with other automated control systems of the enterprise, input and output data were determined. The results of the study will be used in the development of automated systems of technological preparation of production.

Keywords: product quality, automated system, functional modelling.

Введение. В данной работе представлена функциональная модель автоматизированной системы (АС) позволяющей на этапе технологической подготовки производства сделать подбор в автоматизированном режиме параметров обработки на основе характеристик удаляемого припуска.

Выполнено функциональное моделирование АС, которое дает возможность:

- структурировать иерархические связи в системе,
- проанализировать последовательность выбора параметров обработки,
- установить управляющие факторы и способы реализации автоматизации процессов.

Принцип выбора параметров обработки базируется на систематизации характеристик припусков и их категоризации [1], [2]. Такой подход создает основу для:

- внедрения автоматизированной разработки технологических процессов,
- стандартизации методов обработки,
- унификации режущего инструмента,
- оптимизации выбора производственного оборудования и технологической оснастки.

В современных условиях производства особую актуальность приобретает задача повышения качества механической обработки деталей при одновременном снижении производственных затрат.

Среди факторов, влияющих на качество обработки можно выделить следующие [3]:

–технические причины (45%): неправильные параметры обработки, износ инструмента, износ оборудования;

–человеческий фактор (30%): ошибки оператора, нарушение технологического процесса, ошибки в программе ЧПУ;

–качество материалов (15%): дефекты заготовки, несоответствие характеристик материала требованиям;

–условия производства (10%): проблемы с охлаждением и смазкой, внешние вибрации и нестабильные условия установки станка, температурные колебания в помещении.

Статистика показывает, что основным фактором брака являются технические причины, среди которых на первом месте стоит неправильные параметры обработки. Это связано с тем, что выбор параметров обработки часто основан на субъективном опыте технологов.

Создание АС для этапа технологической подготовки производства, позволяющей выбирать в автоматизированном режиме параметры обработки для обеспечения заданного уровня качества выпускаемой продукции.

В исследовании используется методология структурного анализа, основанная на принципе функциональной декомпозиции. Создаваемая модель системы строится по функциональному принципу: каждая подсистема выделяется исходя из выполняемых ею задач и функций. Иерархическая структура демонстрирует, как система организована функционально.

Особое внимание уделяется детальному описанию того, каким образом каждая подсистема осуществляет свои функции, включая используемые ресурсы и механизмы реализации. Это описание представляется в структурированном виде, что позволяет: четко определить роль каждой подсистемы, понять взаимосвязи между компонентами, оценить необходимые ресурсы, выявить возможные точки оптимизации. Такой подход обеспечивает глубокое понимание работы системы и её компонентов на всех уровнях иерархии [4].

В рамках структурного анализа была использована методология IDEF [5]. В модели IDEF0 между функциональными блоками показывают необходимые для его деятельности взаимосвязи. Степень детальности их описаний возрастает при переходе от верхних уровней к нижним. Основным преимуществом методологий структурного анализа является наглядность представления структуры, существующей либо проектируемой системы, основным недостатком – отсутствие средств отражения причинно-следственных связей между проблемой и средствами ее разрешения [6].

Выполнено построение диаграммы верхнего уровня называемой контекстной диаграммой (рисунок 1). Данная диаграмма состоит из единственного блока, отображающего систему в целом и дуг, связывающих систему с внешним окружением.

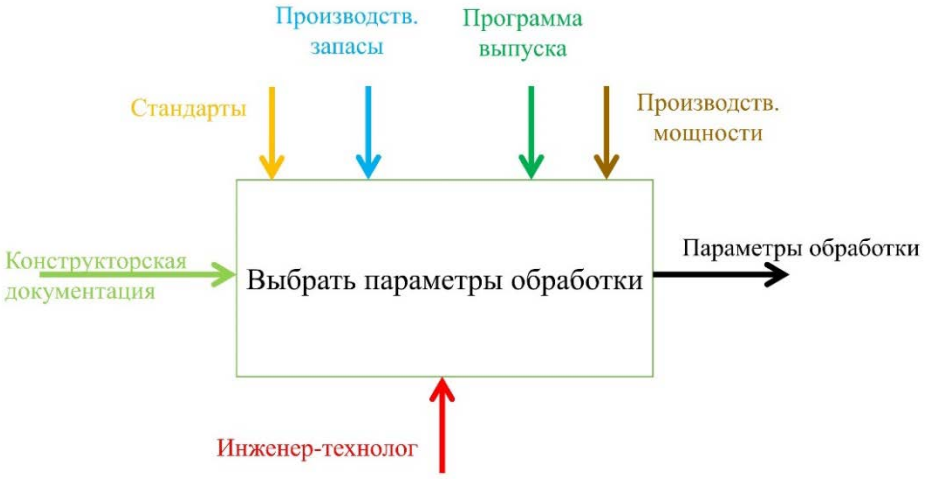


Рис. 1. Контекстная диаграмма выбора параметров обработки

Проведена декомпозиция контекстной диаграммы позволяющая визуализировать последовательность действий при выборе параметров обработки. Функциональная модель на рисунке 2 описывает входы и выходы каждой функции и определяет управляющие воздействия.



Рис. 2. Функциональная модель АС

На рисунках 3, 4, 5 представлена декомпозиция основных функций АС, представляющие собой диаграммы нижнего уровня.

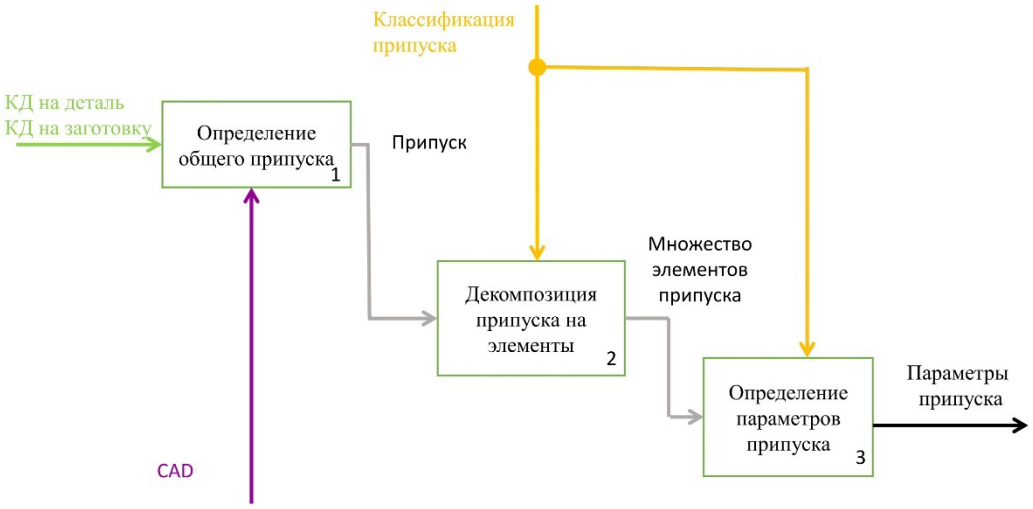


Рис. 3. Модель функции параметризации припуска

На первом этапе на определяется общий припуск на деталь. Далее, на втором этапе припуск декомпозируется на элементы, в соответствии с классификацией припуска. На третьем этапе каждому из элементов присваивается набор параметров однозначное его определяющих.

Функция выбора параметров обработки выполняется за три этапа. На первом этапе, в соответствии с присвоенным каждому элементу множеству параметров выбирается множество подходящих параметров, включающих методы обработки, режущий инструмент, оборудование и режимы резания. На втором этапе происходит отбор элементов припуска, для которых в базе данных не существует подходящих параметров обработки. На третьем этапе происходит разработка новых подходящих параметров обработки.

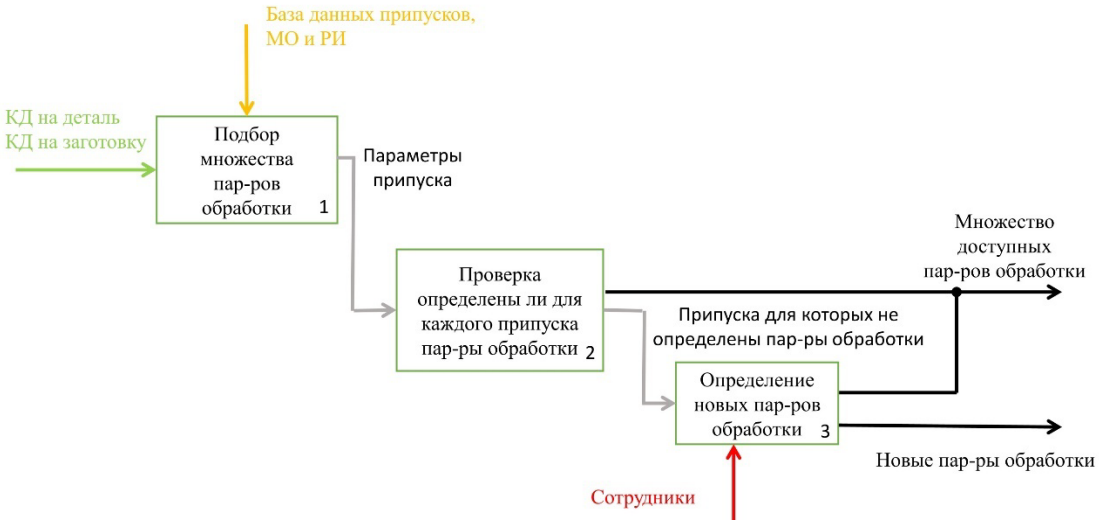


Рис. 4. Модель функции выбора параметров обработки



Рис. 5. Модель функции оптимизации выбора МО и РИ

Функция оптимизации решает задачу по выбору параметров обработки из доступного множества вариантов, с целью формирования оптимального ТП. В качестве критерия оптимальности предполагается снижение себестоимости изготовления изделий. Для этого на первом этапе происходит расчет стоимости обработки. На втором – комплексная оценка влияния выбора конкретных параметров обработки на общую себестоимость производства. На третьем – выбор оптимального варианта.

Полученная функциональная модель является основой при разработке автоматизированной системы выбора параметров обработки методами резания. Взаимосвязь между параметрами обработки и припуском позволяет исключить влияние человеческого фактора на качество выпускаемой продукции.

В модели показаны три основные функции АС: параметризация припуска, выбор допустимых параметров обработки и оптимизация выбора. В работе выполнена декомпозиция функций АС и описаны этапы их реализации. Определены точки интеграции с другими автоматизированными системами управления предприятия, входные и выходные данные необходимые для функционирования системы.

Список литературы

1. Д.В. Юдин, А.Н. Феофанов. Формализация припуска, удаляемого при обработке резанием, для решения задачи автоматизации разработки технологического процесса // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2024. №3 (25).

2. Юдин Д.В., Феофанов А.Н. Основные характеристики припусков, удаляемых механической обработкой со съемом металла с деталей типа «тело вращения» // СМиС-2023. ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ. – М.,: 2023. – С. 60-67.

3. Причины появления брака при выполнении токарно-фрезерных работ по металлу // URL: https://opresurs.com/useful/prichini-poyavleniya-braka-pri-vipolnenii-tokarno-frezernih-rabot-po-metallu/ (дата обращения: 20.04.25).

4. Теория систем и системный анализ: учебное пособие / В.А. Силич, М.П. Силич; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 276 с.

5. Методология IDEF0. Стандарт. Русская версия. – М.: Метатехнология, 1993. – 107 с.

6. Теория систем и системный анализ: учебник для вузов / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – 3-е изд. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 562с.

Доан Суан Куанг
аспирант,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
doanquang1809@gmail.com
Нгуен Минь Тыонг
к.т.н., доцент кафедры информатики,
Российский технологический университет,
Россия, Москва
Nguen_m@mirea.ru
Филиппов Ю.К.
д.т.н., профессор кафедры «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
yulianf@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТОЙ ШЕСТЕРНИ МЕТОДОМ ХОЛОДНОЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ

Аннотация. Исследованию подвергается процесс изготовления зубчатой шестерни методом холодной объемной штамповкой. При формообразовании детали проводится моделирование процессов изготовления методом пластической деформации. Для моделирования исползуется конечно-элементная система Q-Form 3D. Приводятся исходные данные и результаты моделирования. При производстве различных по форме деталей важнейшую роль играет исследование формообразования при холодной объемной штамповке моделирование методом конечно-элементного анализа. Теоретическое исследование методом конечно-элементного анализа показывает все интересующие инженера характеристики при разработке новых технологических процессов. Практика показывает, при производстве изделий холодной объемной штамповкой, процесс, которых был рассчитан на ЭВМ конечно-элементной системой, не отличается от действительного.

Ключевые слова: холодная объемная штамповка, зубчатая шестерня, моделирование, метод конечных элементов.

Doan Xuan Quang
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University,
Russia, Moscow
Nguyen Minh Tuong
Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor
Russian Technological University
Russia, Moscow
Filippov Yu.K.
Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Materials Processing by Pressure and Additive Technologies
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
yulianf@mail.ru

RESEARCH ON THE MANUFACTURING PROCESS OF GEAR WHEELS USING COLD BULK FORGING

Abstract. This study examines the manufacturing process of gear wheels using cold bulk forging. The research focuses on modeling the forming processes through plastic deformation, employing the finite element analysis system QForm 3D. Initial data and simulation results are presented. In the production of geometrically complex parts, the investigation of forming processes via cold bulk forging and finite element modeling plays a critical role. Theoretical finite element analysis provides engineers with all essential characteristics for developing new technological processes. Practical applications demonstrate that cold-forged parts, whose processes were designed using finite element software, exhibit no deviation from real-world production outcomes.

Keywords: cold bulk forging, gear wheel, simulation, finite element method.

Зубчатые шестерни традиционно изготавливаются путем механической обработки (резания) или комбинации горячей объемной штамповки с последующей механообработкой, что является дорогостоящим и требует значительных временных затрат. Современные разработки в области штамповки позволяют производить зубчатые детали с использованием технологии холодной штамповкой. Холодная объемная штамповка представляет собой эффективный способ формообразования металлических деталей, позволяющий получать изделия с высокой точностью и улучшенными механическими характеристиками. В отличие от традиционных методов механической обработки, этот способ обеспечивает значительную экономию материала и повышение производительности.

Современное развитие материального производства основано на повышении эффективности и качества. Одним из основных направлений развития научно-технического прогресса в машиностроении и металлообработке является комплексная разработка, совершенствование и внедрение ресурсосберегающих технологических процессов и оборудования. Прецизионная штамповка зубчатых шестерен обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами нарезания зубьев, поскольку позволяет получать детали без облоя и, как следствие, без необходимости последующей механической обработки. Внедрение такой технологии обеспечивает значительные экономические и экологические выгоды за счет экономии материала и энергии, а также снижает себестоимость благодаря высокой производительности. Кроме того, зубчатые шестерни, изготовленные методом холодной штамповкой, обладают улучшенными механическими свойствами по сравнению с традиционными технологиями, поскольку их микроструктура остается неизменной из-за отсутствия интенсивной механообработки.

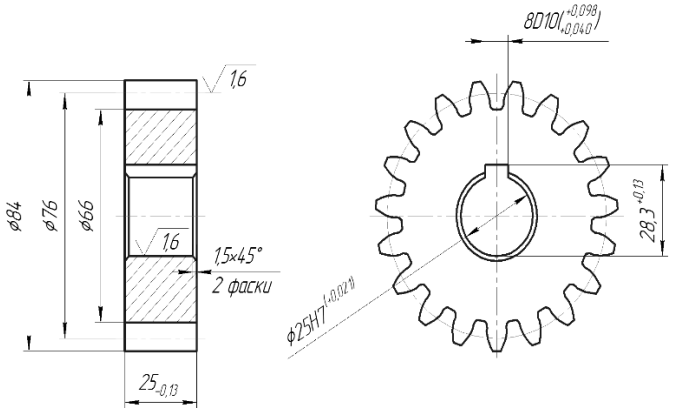
В течение последних лет процессы холодной штамповки зубчатых шестерни исследовались с помощью различных аналитических и численных методов, включая метод слябов, метод верхней оценки и метод конечных элементов (МКЭ). Большинство этих подходов

применялось для прогнозирования усилия холодной штампоки и распределения ключевых параметров на финальной стадии процесса. Однако, за исключением МКЭ, остальные методы имеют ограничения при моделировании постепенного течения материала из-за необходимости упрощения математического аппарата.

В данной работе исследованию подвергается технологический процесс изготовления зубчатой шестерни в результате пластической деформации деталей конечно-элементной системой Q-Form 3D.

Целью работы является разработка и исследование технологического процесса создания зубчатой шестерни в результате пластической деформации детали с заданной конфигурацией и геометрическими размерами.

На рисунке 1 показана исследуемая деталь «зубчатая шестерния». Моделирование процесса холодной объемной штамповки выполнено для шестерни модулем 4 мм с числом зубьев z=19. Детали такого типа изготавливаются для промышленности, где потребность в них достигает 0,1 млн штук в год. Для детали зубчатой шестерни с целью обеспечения конкурентоспособности изготовления изделий необходимо снижать себестоимость за счет внедрения новых технических решений.



Модуль	m	4
Число зубьев	Z	19
Исходный контур	–	Гост 13755-68
Степень точности		7-С
Коэффициент смещения исходного контура	x	0
Диаметр делительной окружности	d	76
Число зубьев в длине общей нормали		3
Длина общей нормали мм		30,58
Диаметр ролика Dr, мм		8,282
Диаметр окружности через центр ролика, мм		81,659

Рис. 1. Деталь «зубчатая шестерния»

В ходе исследования был проведен комплексный анализ процесса штамповки прямозубой шестерни из стали 40х. Особое внимание уделялось компьютерному моделированию в QForm 3D, которое позволило детально изучить особенности течения металла, распределение напряжений и деформаций в заготовке. Программный комплекс обеспечил возможность визуализации процесса заполнения зубчатого профиля и выявления потенциальных дефектов.

Материал заготовки сталь 10, коэффициент трения 0,1, температура окружающей среды и заготовки на каждом переходе 20ºС. Деформация производится в гидровлическом прессе усилием 50 МН (рис. 2).

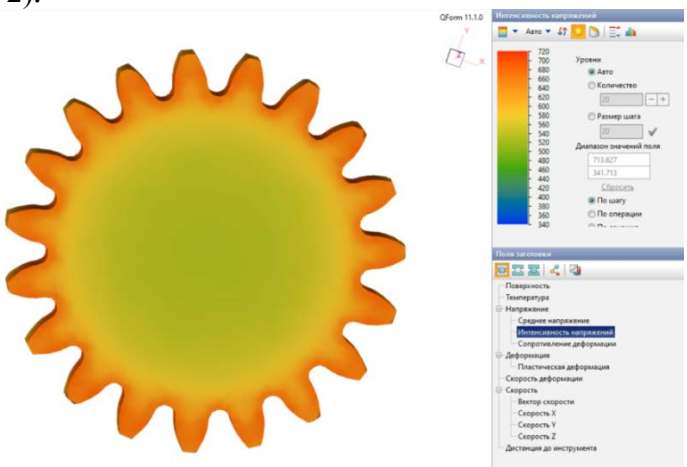


Рис. 2. Интенсивность напряжений зубчатой шестерни после холодной объемной штампоки

Результаты моделирования показали, что максимальные деформации концентрируются в области вершин зубьев, достигая значений 1.8–2.2. При этом была подтверждена однородность структуры материала в теле шестерни, что положительно сказывается на эксплуатационных характеристиках изделия. Экспериментальные данные, полученные при испытаниях на гидравлическом прессе, хорошо согласуются с результатами компьютерного моделирования (рис. 3 и 4).

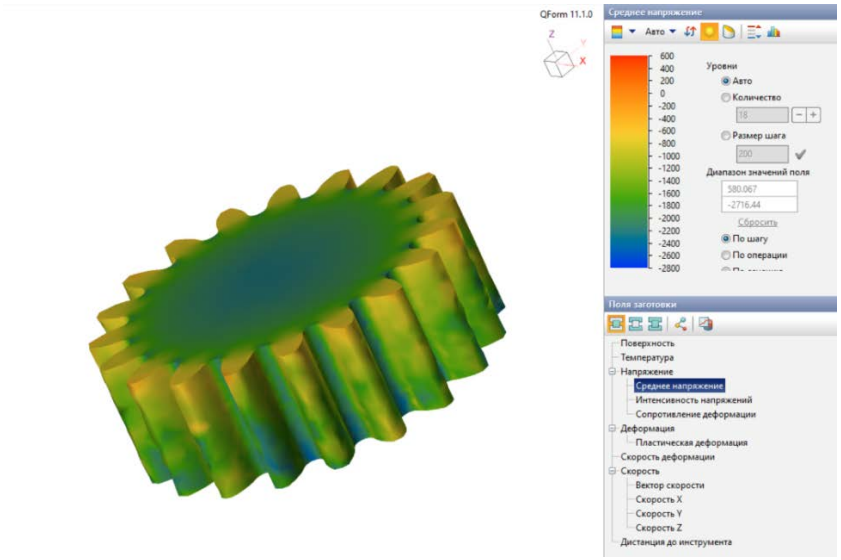


Рис. 3. Среднее напряжение зубчатой шестерни после холодной объемной штамповки

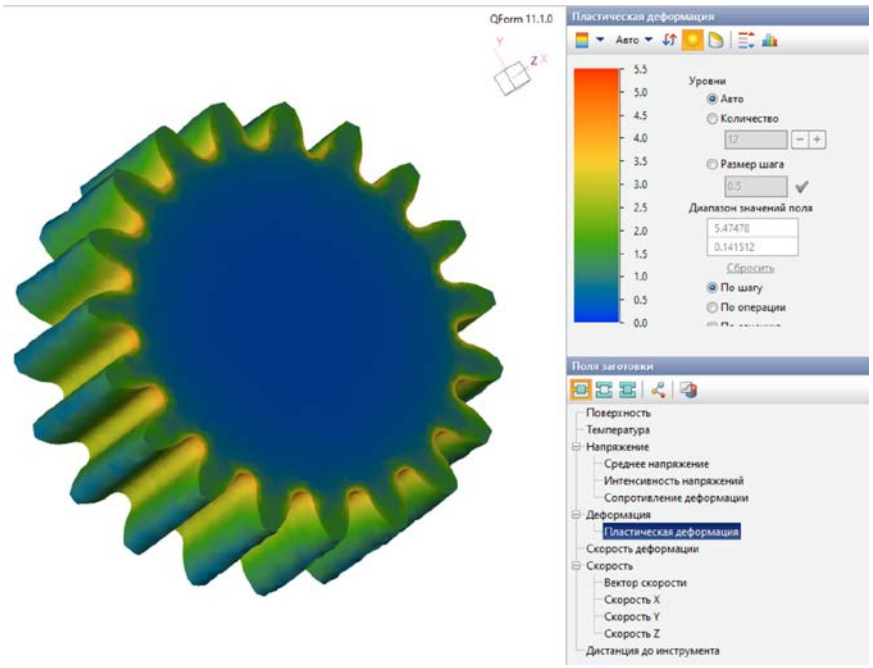


Рис. 4. Пластическая деформация зубчатой шестерни после холодной объемной штамповки

Отметим такие важные показатели, как: максимальное усилие, требующееся для данного технологического процесса, равное 814 тонн, а также максимальная степень деформации (рис. 5). Эти показатели потребуются в дальнейшем для выбора наиболее выгодного, с точки зрения серийного производства, технологического процесса.

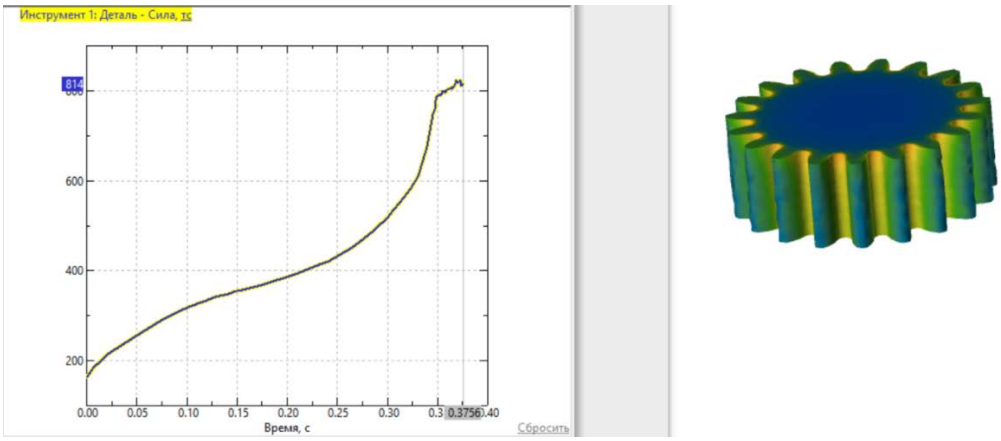


Рис. 5. Усилие инструмента в процессе холодной объемной штамповки

Преимущества разработанной технологии включают высокую точность изготовления (отклонения профиля зубьев не превышают 0.05 мм), значительную экономию материала за счет отсутствия облоя (до 20%), а также сокращение времени на разработку технологического процесса. Использование QForm 3D позволило сократить сроки проектирования с 2-3 недель до 4-6 часов компьютерного моделирования.

Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением применения данного метода для изготовления шестерен сложного профиля, включая косозубые и шевронные передачи. Особый интерес представляет изучение комбинированных технологий, сочетающих холодную объемную штамповку с последующей калибровкой.

Проведенное исследование демонстрирует эффективность применения компьютерного моделирования при разработке технологических процессов холодной объемной штамповки. Полученные результаты имеют важное практическое значение для машиностроительных предприятий, позволяя оптимизировать производство зубчатых передач и повысить их качественные характеристики.

Проведенное исследование убедительно доказало эффективность применения метода холодной объемной штамповки в сочетании с компьютерным моделированием в QForm 3D для производства зубчатых шестерен. Полученные результаты демонстрируют значительные преимущества данного подхода, включая высокую точность изготовления (отклонения не более 0,05 мм), существенную экономию материала (до 20%) и сокращение сроков разработки технологического процесса. Моделирование позволило оптимизировать параметры штамповки, минимизировать возможные дефекты и обеспечить стабильное качество продукции. Особенно важно отметить хорошую корреляцию между результатами компьютерного моделирования и экспериментальными данными, что подтверждает надежность используемой методики. Перспективы дальнейшего развития исследования связаны с адаптацией технологии для производства шестерен сложного профиля и разработкой комбинированных методов обработки. Реализация полученных результатов в производственной практике позволит существенно повысить эффективность изготовления зубчатых передач в машиностроении.

Список литературы

1. Холодная объемная штамповка. справочник / Под ред. Г.А. Навроцкого, В.А.Головина, А.Ф.Нистратова. М.: ВМашиностроение, 1973. 496 с.

2. Навроцкий Г.А., Головин В.А., Филиппов Ю.К. Исследование пластического формоизменения в процессах обработки металлов давлением методом муаровых полос. Учебное пособие. М.: МАМИ. 1985.65с.

3. Экспериментальное исследование механических свойств демпфирующего материала Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф., Никитин М.Ю., Типалина А.В. Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2010. № 1. С. 166-170. 0 4

4. Филиппов Ю. К., Гневашев Д. А., Ле Чунг Зунг, Доан Суан Куанг. Точность определения деформации при построении кривых упрочнения при испытании образцов на одноосное сжатие // Черные металлы. 2024. № 6. С. 76–81.

5. Ф. Доманн, О. Траудт, «Течение металла и напряжения в инструменте при холодной штамповке зубчатых деталей», Adv. Technol. Plasticity II 1081.

6. И. Моригучи, «Холодная штамповка шестерен и других сложных профилей», J. Mat. Proc. Technol. 35 439.

7. К. Кондо, К. Ога, «Точная холодная штамповка зубчатого венца методом разделенного течения» 1105.

Мешкова А.Е.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
arinameshkova2002@yandex.ru
Левина Т.А.
к.э.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
t.a.levina@mospolytech.ru

КЛАССИФИКАЦИЯ ИСПЫТАНИЙ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБЯЗАТЕЛЬНОГО ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ ТР ТС 018/2011

Аннотация. В статье рассматривается классификация испытаний колесных транспортных средств для подтверждения соответствия требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 018/2011. Анализируются основные типы испытаний, их характеристики и используемое оборудование. Представлены статистические данные, иллюстрирующие текущее состояние испытательной инфраструктуры ТС в России и зарубежных странах.

Ключевые слова: испытания колесных транспортных средств (КТС), безопасность дорожного движения, подтверждение соответствия, испытательная лаборатория (ИЛ).

Meshkova A.E.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
arinameshkova2002@yandex.ru
Levina T.A.
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
t.a.levina@mospolytech.ru

CLASSIFICATION OF TESTS OF WHEELED VEHICLES FOR MANDATORY CONFIRMATION OF CONFORMITY WITH TR CU 018/2011

Abstract. The article examines the classification of tests of wheeled vehicles to confirm compliance with the requirements of the Technical Regulations of the Customs Union TR CU 018/2011. The main types of tests, their characteristics and the equipment used are analyzed. Statistical data

illustrating the current state of the TS testing infrastructure in Russia and foreign countries are presented.

Keywords: wheeled vehicle testing (WVT), road safety, conformity assessment, testing laboratory (TL).

Безопасность колесных транспортных средств (КТС) на территории Евразийского экономического союза (ЕАЭС) регулируется техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств». Одним из ключевых механизмов обеспечения требований безопасности является проведение обязательных испытаний КТС с целью подтверждения их соответствия установленным требованиям. Испытания проводятся аккредитованными испытательными лабораториями (ИЛ), включенными в Единый реестр органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) Таможенного союза, применяющими стандартизированные методики и специализированное оборудование.

Согласно [1], подтверждение соответствия осуществляется в разных формах в зависимости от типа транспортного средства и его компонентов (Рисунок 1).



Рис. 1. Виды обязательного подтверждения соответствия колесных ТС

Испытания классифицируются (рисунок 2) в зависимости от цели и объекта контроля [6]: они могут проводиться как на полном транспортном средстве, так и на его компонентах (фарах, ремнях безопасности, тормозных системах и т. д.).



Рис. 2. Принципы классификации методов испытаний

Каждая методика содержит четкое описание объекта контроля, последовательность действий, условия проведения, допустимые погрешности, перечень применяемого оборудования, а также критерии оценки результатов. Например, методика измерения тормозной силы колеса на стенде включает предварительный осмотр ТС, фиксацию оси на роликах, включение тормозной системы, измерение усилия и тормозного пути, а также расчет установившегося замедления.

Классификация испытаний колесных транспортных средств для обязательного подтверждения соответствия проводится в зависимости от назначения испытания, объекта контроля, применяемой методики и условий его проведения.

Испытания на пассивную безопасность направлены на оценку способности транспортного средства и его компонентов снижать последствия дорожно-транспортного происшествия (ДТП) для водителя и пассажиров. Основу составляют так называемые краш-тесты – моделируемые удары с различной кинематикой (лобовое столкновение, боковой удар, удар сзади), в ходе которых оцениваются параметры деформации кузова, травмобезопасность конструкции, срабатывание подушек безопасности и эффективность ремней безопасности.

Испытания активной безопасности направлены на предотвращение аварийных ситуаций [3]. В эту категорию входят испытания тормозных систем, устойчивости и управляемости, системы помощи при экстренном торможении и адаптивных фар. Испытания проводятся на тормозных стендах и в условиях автодрома с применением приборов замера тормозного пути, ускорений, угла скольжения, а также усилий на рулевом управлении. Также проверяется отказоустойчивость и диагностика электронных систем.

К числу обязательных входят испытания определения экологической чистоты транспортного средства, что включает в себя анализ выбросов загрязняющих веществ (CO, NOx, CH, CO_2), измерение уровня шума, а также дымности отработавших газов. В соответствии с [2] используются газоанализаторы, шумомеры, дымомеры [5], которые должны быть поверены и входить в оснащённость средствами измерений ИЛ. Уровни выбросов сопоставляются с установленными нормативами в зависимости от экологического класса автомобиля.

Комплекс испытаний отдельных компонентов и систем предусматривает оценку соответствия отдельных конструктивных элементов ТС: внешних световых приборов (проверка силы света, направления светового пучка, частоты мигания), рулевого управления (измерение суммарного люфта), тормозных элементов (тормозная сила, равномерность), ремней безопасности, стекол (оптическая пропускная способность), а также колес и шин. Проверка осуществляется как с применением специализированных шаблонов и стендов, так и средствами измерения – динамометры, люфтомеры, штангенциркули [5].

Учитывая эксплуатацию транспортных средств в различных климатических зонах ЕАЭС, особое внимание уделяется их устойчивости к воздействиям окружающей среды. Климатические и вибрационные испытания включают в себя испытания при экстремально низких и высоких температурах, воздействии влаги, коррозии и пыли. В ряде случаев задействуются климатические камеры, вибростенды, соляные туманы. Такие испытания особенно актуальны при проверке вновь разработанных моделей или при внесении изменений в конструкцию ТС [4].

Испытания единичных транспортных средств является особой категорией испытаний, проводимых в отношении единичных транспортных средств, ввозимых из-за пределов ЕАЭС, либо переоборудованных в процессе эксплуатации. [2] регламентирует минимально достаточный перечень процедур, направленных на подтверждение соответствия конструкции ТС действующим требованиям, без необходимости разрушительных воздействий. Оценка проводится по определяющим областям технической компетенции ИЛ, непосредственно влияющим на безопасность дорожного движения, а именно визуальный контроль, функциональная проверка, линейные измерения, испытания на тормозном стенде, испытания по измерению усилия, определение для каждой фары направления световых лучей и силы света, определение частоты следования проблесков, измерения с использованием шумомера, измерение давления, угловые измерения, измерение массы [3] и нагрузки на ось ТС. Все испытания осуществляются с применением средств измерений, испытательного и вспомогательного

оборудования ИЛ. Результаты оформляются в виде протокола испытаний и заключения технической экспертизы.

По данным Росаккредитации [7] и отчетам испытательных лабораторий, по состоянию на конец 2024 года на территории Российской Федерации функционирует более 60 аккредитованных испытательных лабораторий, включенных в национальный реестр и обладающих правом проведения оценки соответствия в рамках ТР ТС 018/2011 (табл., рис. 3).

Таблица

Сравнительный анализ испытаний ТС по странам

Показатель	Россия	Европейский союз (ЕС)	США	Япония
Количество лабораторий	60+	1400+	~40	~20
Количество краш-тестов ТС в год	<50	>120	>150	~80
Количество ежегодных процедур оценки соответствия	~280 тыс.	>2 млн	>1 млн	~500 тыс.
Уровень автоматизации	Средний	Высокий	Высокий	Высокий
Мобильные лаборатории	Да	Да	Нет	Нет



Рис. 3. Сравнительный анализ испытательной инфраструктуры по странам

Сравнительный анализ показывает, что Россия демонстрирует уверенные темпы развития системы испытаний, особенно в сегменте оценки единичных транспортных средств. Однако, в аспектах автоматизации, унификации процедур и насыщенности лабораторной инфраструктуры наблюдается отставание от стран ЕС и Японии. Недостаток единой базы данных результатов, ограниченная распространенность мобильных лабораторий в регионах и высокая нагрузка на испытательные лаборатории препятствуют равномерному доступу к услугам сертификации. В то же время российская модель отличается гибкостью и высокой вариативностью применения методов испытаний и ориентацией на индивидуальный подход, особенно в контексте импорта эксплуатационных ТС. С учетом интеграции в ЕАЭС, дальнейшее развитие системы должно быть направлено на унификацию требований, международную гармонизацию процедур и развитие межгосударственных платформ обмена данными.

Список литературы

1. ТР ТС 018/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.eaeunion.org, свободный.

2. ГОСТ 33670–2015. Автомобильные транспортные средства единичные. Методы экспертизы и испытаний для проведения оценки соответствия. – Введ. 2017–04–01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 29 с.

3. ГОСТ 33997–2016. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки. – М.: Стандартинформ, 2017. – 28 с.

4. ГОСТ 33995–2016. Транспортные средства. Порядок оценки соответствия при внесении изменений в конструкцию, выпущенных в обращение. – М.: Стандартинформ, 2016. – 22 с.

5. Гируцкий О. И., Кириллов К. А. Современное оборудование для исследования, контроля и диагностики технического состояния колесных транспортных средств при внесении изменений в конструкцию на стадии эксплуатации // Транспортные системы. – 2019. – № 1(11). – С. 19–35.

6. Меньшиков С. А., Осипов А. И. Обеспечение технической безопасности при сертификации автотранспорта: учебное пособие. – М.: МАДИ, 2018. – 124 с.

7. Данные Росаккредитации о деятельности ИЛ, 2024.

Секция 4
АВТОМАТИКА, РОБОТОТЕХНИКА И МЕХАТРОНИКА

Хусаинов Р.М.
аспирант,
ФГБОУ ВО «КНТИТУ-КАИ»,
Россия, Казань
rumil_husainov98@mail.ru
Талипов Н.Г.
к.т.н., доцент кафедры систем информационной безопасности,
ФГБОУ ВО «КНТИТУ-КАИ»,
Россия, Казань
nafis.talipov@mail.ru

МЕТОД АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В ДОРОЖНЫХ СЦЕНАХ

Аннотация. В статье рассматривается задача автоматизации процесса распознавания объектов (дорожных знаков, дорожных разметок, светофоров) в дорожных сценах. Для ее решения использована адаптивная энергоэффективная модель, интегрированная в мобильное приложение «Ассистент водителя». Модель позволяет автоматически обнаруживать и классифицировать дорожные объекты в динамично меняющихся условиях. В рамках исследования для обучения модели собрана база изображений, включающая уникальные дорожные сцены. Для оценки адекватности разработанной адаптивной энергоэффективной модели исследовано влияние значений параметров (порога уверенности, коэффициента Жаккара) на распознавание объектов в дорожных сценах. Вычисления проводились на смартфоне с техническими характеристиками: модель Xiaomi HyperOS, операционная система Android (версия 14), оперативная память 8 ГБ, внутренняя память 128 ГБ, емкость аккумулятора 4500 мА·ч, разрешение экрана 2400×1080, основная камера 50 Мп. Время распознавания дорожных объектов изменялась в диапазоне 100-900 миллисекунд. По результатам исследования вероятность распознавания дорожных знаков достигалась 0,92, дорожных разметок – 0,84.

Ключевые слова: объекты дорожной инфраструктуры, дорожная сцена, адаптивная энергоэффективная модель, смартфон.

Khusainov R.M.
Postgraduate Student
KNRTU-KAI
Russia, Kazan
rumil_husainov98@mail.ru
Talipov N.G.
Candidate of Technical Sciences, Associate professor
of the Department of Information Security Systems
KNRTU-KAI,
Russia, Kazan
nafis.talipov@mail.ru

METHOD OF AUTOMATION OF OBJECT RECOGNITION PROCESSES IN ROAD SCENES

Abstract. The article considers the problem of automating the process of recognizing objects (road signs, road markings, traffic lights) in road scenes. To solve this problem, an adaptive energy-efficient model integrated into the Driver Assistant mobile application was used. The model allows for automatic detection and classification of road objects in dynamically changing conditions. As part of the study, a database of images including unique road scenes was collected to train the model. To assess the adequacy of the developed adaptive energy-efficient model, the influence of parameter values (confidence threshold, Jaccard coefficient) on the recognition of objects in road scenes was studied. The calculations were carried out on a smartphone with the following technical characteristics: Xiaomi HyperOS model, Android operating system (version 14), 8 GB RAM, 128 GB internal memory, 4500 mAh battery capacity, screen resolution 2400 × 1080, 50 MP main camera. The road object recognition time varied in the range of 100-900 milliseconds. According to the results of the study, the probability of recognizing road signs was 0.92, and road markings – 0.84.

Keywords: road infrastructure objects, road scene, adaptive energy-efficient model, smartphone.

В настоящее время в различных предметных областях (робототехника, медицинская диагностика, финансы) для решения практических задач применяются интеллектуальные системы, основанные на технологиях нейросетевого моделирования [1]. Эффективность нейросетевого моделирования обеспечивается возможностью обработки больших объемов данных, автоматизацией процессов принятия решений, снижающих интеллектуальную нагрузку на человека. Нейронные сети способны адаптироваться к изменениям в данных, что позволяет им улучшать свою производительность и вероятность распознавания на изображениях в режиме реального времени. Несоблюдение водителями требования правил дорожного движения приводит к дорожно-транспортным происшествиям. Распознавание главных объектов (дорожных знаков, дорожной разметки, сигналов светофоров) является важной задачей для обеспечения безопасности всех участников дорожного движения.

Решению задачи автоматизации процесса распознавания объектов на изображениях посвящено множество работ российских и зарубежных исследователей. Для распознавания объектов часто применяются следующие методы: метод Виолы-Джонса, метод поиска по цвету и форме, преобразование Хафа, искусственные нейронные сети, сверточные нейронные сети.

В работах [2, 3] авторами использовано решение задачи распознавания знаков дорожного движения на основе метода Виолы-Джонса. Данный метод применен при обучении каскада классификаторов, необходимых для обнаружения объектов на изображениях. Его применение связано с необходимостью большого количества данных для обучения классификаторов. При малом объеме выборки данных снижается эффективность обнаружения объектов.

В работах [4] авторами использован метод поиска по цвету и форме для распознавания знаков дорожного движения. Для обработки изображения преобразуются из цветовой модели RGB в HSV. Данный метод применяется для анализа качественных изображений, но распознавание размытых и затемненных изображений затруднено.

В работе [5] для распознавания дорожных объектов автором использован метод преобразования Хафа. Преимуществом данного метода является устойчивость при выделении дорожной разметки. Применение данного метода имеет существенный недостаток, требующий больших вычислительных затрат.

В статье для распознавания объектов в дорожных сценах использована адаптивная энергоэффективная модель на основе нейронной сети YOLOv8n, позволяющая обнаруживать и классифицировать объекты с учетом погодных и временных условий в режиме реального времени [6].

Приведена постановка задачи по автоматизации процесса распознавания объектов в дорожных сценах. $I = \{I_1, I_2,..., I_N\}$ представляет собой множество изображений уникальных дорожных сцен, на котором изображены объекты (дорожные знаки, дорожные разметки, светофоры) размерностью N. Каждая уникальная дорожная сцена сформирована с учетом временных условий (утренние и вечерние сумерки). Требуется определить положения ограни-

чивающих рамок обнаруженных объектов в уникальных дорожных сценах, а также вероятность определяемых классов объектов с учетом указанных условий. Для оценки адекватности адаптивной энергоэффективной модели необходимо исследовать влияние значений параметров (порога уверенности, коэффициента Жаккара) на распознавание объектов в дорожных сценах.

Распознавание объектов в уникальных дорожных сценах на основе адаптивной энергоэффективной модели

Автоматизация процесса распознавания объектов в дорожных сценах – это использование современной технологии, в частности компьютерное зрение, для автоматического обнаружения и классификации объектов (дорожных знаков, дорожных разметок, светофоров) в режиме реального времени. В работе для распознавания объектов в дорожных сценах использована адаптивная энергоэффективная модель, обученная на основе нейронной сети YOLOv8n. На основе разработанного мобильного приложения «Ассистент водителя» проведен ряд исследований. Вычисления проводились на смартфоне модели Xiaomi HyperOS с операционной системой Android (версия 14), процессором MediaTek Helio G91-Ultra, оперативной памятью 8 ГБ, внутренней памятью 128 ГБ. Динамическое распознавание объектов в дорожных сценах проведено с учетом изменений значений параметров (порога уверенности, коэффициента Жаккара).

Пример распознавания дорожного знака на основе использования адаптивной энергоэффективной модели в мобильном приложении представлен на рисунке.

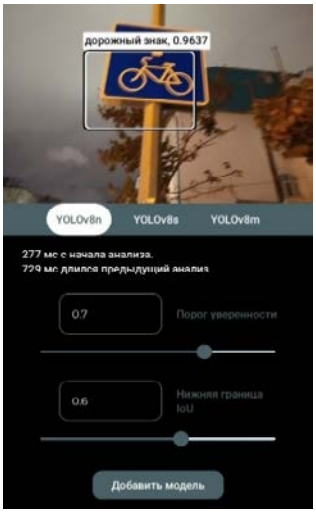


Рис. Распознавание дорожного знака с учетом вечерних сумерек

Вероятность распознавания дорожного знака с учетом вечерних сумерек P = 0.9637.

Результаты экспериментальных исследований

В таблице приведены результаты проведенных экспериментальных исследований в количестве 5 изображений уникальных дорожных сцен для оценки вероятности распознавания объектов дорожной инфраструктуры. Условия, влияющие на распознавание: утренние сумерки, вечерние сумерки.

Как видно из таблицы, адаптивная энергоэффективная модель успешно распознает объекты в дорожных сценах. Полученные результаты вероятности распознавания объектов (дорожных знаков, дорожных разметок, светофоров) позволяют сделать вывод о том, что адаптивная энергоэффективная модель является адекватной. Благодаря качественному обучению адаптивная энергоэффективная модель способна автоматически обнаруживать и классифицировать объекты в уникальных дорожных сценах в режиме реального времени. Применение модели позволяет обеспечить не только высокую вероятность распознавания объектов, но и оперативное реагирование на изменения дорожной ситуации.

Таблица

Результаты экспериментов, проведенных в режиме реального времени

Значение порога уверенности (confidence)	Значение коэффициента Жаккара (IoU)	Наименование (количество) эталонного объекта / распознанного объекта	Время распознавания *t*, мс	Вероятность распознавания объектов
0.5	0.5	дорожная разметка (1) / дорожная разметка (1)	563	0.5963
0.5	0.5	дорожный знак (1) / дорожный знак (1)	251	0.9153
0.6	0.6	дорожная разметка (1) / дорожная разметка (1)	232	0.8236
0.6	0.6	дорожный знак (1) / дорожный знак (1)	102	0.8017
0.7	0.7	дорожная разметка (1) / дорожная разметка (1)	666	0.8357

В ходе проведенных исследований полученные результаты распознавания объектов в уникальных дорожных сценах свидетельствуют об адекватности разработанной адаптивной энергоэффективной модели. Автоматизация процесса распознавания объектов в дорожных сценах позволяет снизить интеллектуальную нагрузку на водителя. Модель обеспечивает высокую вероятность по оценке распознавания объектов и скорость обработки данных, что являются важными условиями для оперативного реагирования водителем на дорожные ситуации. Разработанное мобильное приложение «Ассистент водителя» может использоваться для разных категорий лиц, принимающих решение («B» – водители легковых автомобилей, «C» – водители грузовиков, «D» – водители грузовиков) для комфортного вождения в городах с загруженным трафиком.

Список литературы

1. Джумагулов, Э.К. Влияние нейросетей на процесс обучения / Э.К. Джумагулов // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 96-1. – С. 106-108.

2. Гурин, В.И. Обнаружение и распознавание знаков дорожного движения с использованием методов технического зрения и машинного обучения / В.И. Гурин // Наука без границ. – 2020. – № 5 (45). – С. 75-82.

3. Зайдулин, К.М. Система обнаружения дорожных знаков в видеопотоке / К.М. Зайдулин, С.М. Зайдулин, Ш.С. Фахми // Наука настоящего и будущего. – 2018. – Т 1. – С. 43–47.

4. Аккуратов, В.В. Исследование алгоритмов обнаружения и распознавания дорожных знаков / В.В. Аккуратов, Н.И. Пчелинцева, Е.А. Черепков // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – №1. – С. 64.

5. Илькин, И.Р. Применение компьютерного зрения для контроля разметки дорожной полосы / И.Р. Илькин // Молодежная наука как фактор и ресурс инновационного развития. Сборник статей IV Международной научно-практической конференции. 2021. – С. 246–253.

6. Хусаинов, Р.М. Адаптивные энергоэффективные модели для распознавания объектов дорожной инфраструктуры / Р.М. Хусаинов // Вестник технологического университета. – 2025. – Т.28. – № 1. – С. 132-136.

Малкаров А.Ю.
аспирант,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
jazzpudik@icloud.com
Архипов М.В.
к.т.н., доцент кафедры «Автоматика и управление»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
maksim_av@mail.ru
Матросова В.В.
старший преподаватель кафедры «Автоматика и управление»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
capitan.milena@mail.ru

ПРОГРАММНЫЕ МОДУЛИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. Организация производства требует наличия необходимых данных, определяемых целевым продуктом и возможностями производственных средств. Выбор промышленного оборудования определяется набором необходимых технологических операций, задаваемых посредством их конфигурирования и алгоритмизации. Автоматизированные системы подготовки производства (АСТПП) выбирают и компонуют промышленное оборудование, синтезируют управляющие программы. Затем они развертывают их, настраивая реальные устройства, устанавливая программное обеспечение и создавая промышленную сеть. Стандартизация методов программирования и управления роботами требует создания унифицированной платформы, интеграция оборудования в которую производистя посредством системы промышленныз модулей. Приложение RCWorkspace позволяет проектировать производственне комплексы и контрлировать выполнение технологических операций, тогда как для развёртывания производства в целом предлгается система Standard Template Construct (STC) и приложение для их разработки – Industrial Builder. Обработка STC позволит упросить развёртывание производства, обеспечив, в том числе, гибкую выборку различного оборудования и его интеграцию посредством модулей.

Ключевые слова: средства производства, промышленная робототехника, проектирование, развёртывание, унификация, расширяемость, модули.

Malkarov A.Yu.
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
jazzpudik@icloud.com
Arkhipov M.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Automation and Control
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow maksim_av@mail.ru
Matrosova V.V.
Senior Lecturer, Department of Automation and Control
Moscow Polytechnic University Russia, Moscow capitan.milena@mail.ru

SOFTWARE MODULES FOR INDUSTRIAL EQUIPMENT

Abstact. The organization of production requires the availability of necessary data, determined by the target product and the capabilities of the production means. The selection of industrial

equipment is determined by a set of required technological operations, defined through their configuration and algorithmization. Automated production preparation systems (APPS) select and arrange industrial equipment, and synthesize control programs. They then deploy these, configuring real devices, installing software, and creating an industrial network. Standardization of robot programming and control methods requires the creation of a unified platform, into which equipment integration is carried out through a system of industrial modules. The RCWorkspace application allows for the design of production complexes and the monitoring of technological operation execution, while for the deployment of production as a whole, the Standard Template Construct (STC) system and an application for their development – Industrial Builder – are proposed. Processing STC will simplify production deployment, including ensuring flexible selection of various equipment and its integration through modules.

Keywords: means of production, factory robotics, design, deployment, unification, extensibility, modules.

Для организации производства различной продукции необходимы определённые наборы данных. Такие данные выводятся из свойств целевого продукта и доступного производственном оборудовании. Выбор подходящих устройств определяется набором технологических операций, необходимых для получе-ния готового изделия из доступного сырья, на основе чего определяется конфигурация устройств и управляющих ими алгорит-мов. Процесс развёртывания требует разработки как локальных программ управления для отдельных роботизированных устройств, так и глобальных программ – для координации и управления производственным комплексом в целом. Развёртыва-ние производства осуществляется посредством автоматизированных системы технологической подготовки производства (АСТПП). С одной стороны, АСТПП обеспечивает выбор и ком-поновку промышленного оборудования в единый проект произ-водственного комплекса, включая синтез необходимых программ управления [1-4]. С другой стороны, АСТПП обеспечивает фак-тическое развёртыванием производства посредством конфигура-ции реального оборудования и установки на него управляющих программ, вместе с объединением устройств в промышленную сеть [5-7].

Промышленные модули

Модуль – это пакет, содержащий набор компонентов, необходимых для интеграции с компонентами роботизированного технологического комплекса (РТК) определенной модели/серии. Интеграция включает в себя визуализацию и физическое моделирование производственного объекта, а также предоставление возможностей управления для управляемых устройств, таких как роботы и инструменты (крепежные устройства), и их подключение [8, 9]. Модули смены для IMA, в свою очередь, не выполняют визуализацию или моделирование, а преобразуют данные в памяти РТК в соответствии с определенным алгоритмом [10, 11].

Таким образом, модуль может включать в себя визуальные ресурсы, программные компоненты и связующий заголовочный компонент. Заголовок обеспечивает идентификацию модуля и содержит дополнительные данные о модели. По умолчанию это имя и подробный текст описания.

Доступ к модулям организован двумя способами:

Внутренний – пакеты модулей встроены в пакет проекта приложения и компилируются вместе с ним.

Внешний – пакеты модулей, доступные как отдельные файлы, подключаются к готовому приложению.

Соответственно, можно выделить два типа модулей, различающихся также организацией их пакетов (рис. 1).

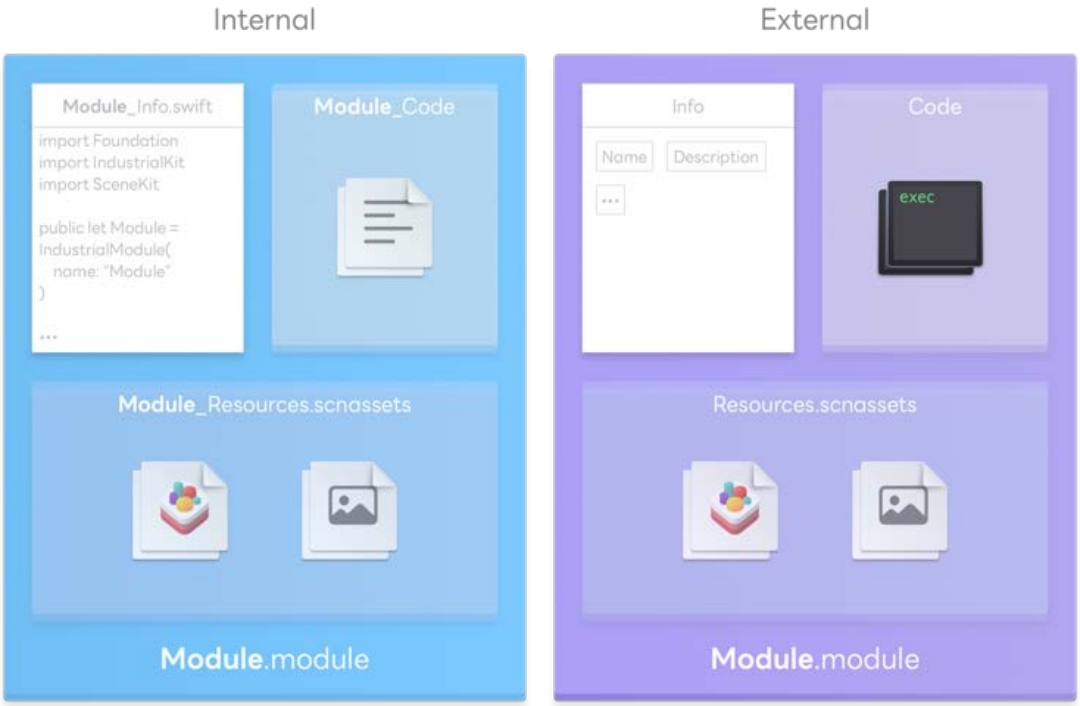


Рис. 1. Сравнение структуры пакетов для внутренних и внешних типов модулей

Внутренние модули встроены в приложение и доступны из него изначально, тогда как для внешних модулей в настройках приложения выбирается папка, из которой они подгружаются при открытии пресета РТК.

Заголовочный файл модуля различается для внутренних и внешних модулей. Для первых это файл листинга Swift, содержащий код инициализации для переменной экземпляра модуля. Для последних заголовок представляет собой файл формата JSON, содержащий данные о модуле и его компонентах. Заголовок модуля инструмента также включает в себя список доступных кодов операций для соответствующей модели.

Скорость доступа к внутренним модулям выше, чем к внешним. Однако набор внешних модулей обновляется быстрее и проще. Это также позволяет избежать взаимной несовместимости различных модифицированных версий приложения со встроенными модулями.

Ресурсы включают в себя файлы трехмерных фигур (мешей), текстурных изображений и сцен – виртуальных пространств, которые объединяют фигуры и изображения в единую визуальную модель. Файл сцены содержит только фигуры; текстуры подключаются как ссылки на изображения. Также можно подключать другие сцены как ссылки на соответствующие файлы. Для правильной работы ссылок папка ресурсов должна быть пакетом ресурсов – ее имя должно включать расширение.scnassets. Ресурсы модуля находятся в Resources.scnassets.

Программные компоненты модулей расположены в папке Code. Для каждого типа производственного объекта используется определенный набор файлов, соответствующий программным компонентам. Робот и инструмент используют файлы Controller и Connector, а Changer использует файл Change. Пакеты модулей для деталей не содержат программ.

Для внутренних модулей файлы программ являются листингами Swift, описывающими соответствующие подключенные компоненты – подклассы типов ModelController/Connector для роботов и инструментов, и функции Change для элементов Changer.

Для внешних модулей файлы кода являются исполняемыми файлами Unix – программ с терминальным доступом. Они принимают текстовую строку аргументов в качестве входных данных и после выполнения их вывод возвращается также в виде текстовой строки. В iOS, iPadOS и visionOS использование внешних программных компонентов недоступно, поскольку их выполнение подразумевается за пределами безопасной (ограниченной) среды выполнения приложения (также известной как «песочница»).

Для правильной компиляции внутренних модулей в проекте приложения их имена файлов и папок включают префикс в виде имени модуля и символа подчеркивания. Внешние модули могут использовать программные компоненты внутренних модулей (рис. 2). Это делается с помощью специальных строк ссылок. Строка ссылки называется linked_<имя_модуля> и содержит имя внутреннего модуля, компонент которого используется.

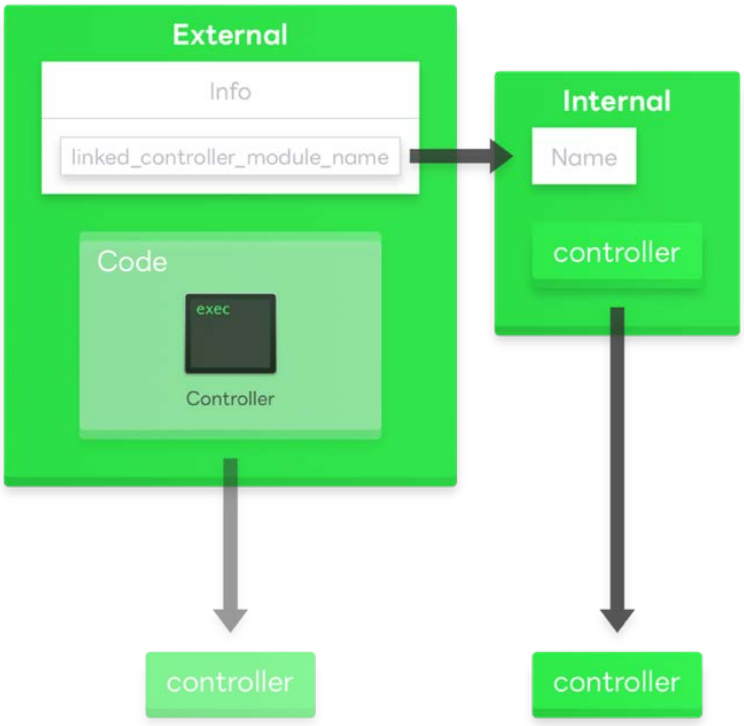


Рис. 2. Связь внешнего модуля с компонентом внутреннего модуля

Только если данные отсутствуют в строке ссылки, внешний модуль попытается получить доступ к программному компоненту из файла своего пакета.

Связывание с компонентами внутренних модулей позволяет уменьшить количество используемых файлов, а также использовать (хотя и ограниченные – только внутренние) программные компоненты во внешних модулях на iOS, iPadOS и visionOS.

Пакеты STC

Для организации производства различной продукции необходимы определённые наборы данных. Такие данные выводятся из свойств целевого продукта и доступного производственном оборудовании. Выбор подходящих устройств определяется набором технологических операций, необходимых для получения готового изделия из доступного сырья, на основе чего определяется конфигурация устройств и управляющих ими алгоритмов. Процесс развёртывания требует разработки как локальных программ управления для отдельных роботизированных устройств, так и глобальных программ – для координации и управления производственным комплексом в целом. Развёртывание производства осуществляется посредством автоматизированных системы технологической подготовки производства (АСТПП). С одной стороны, АСТПП обеспечивает выбор и компоновку промышленного оборудования в единый проект производственного комплекса, включая синтез необходимых программ управления [1-4]. С другой стороны, АСТПП обеспечивает фактическое развёртыванием производства посредством конфигурации реального оборудования и установки на него управляющих программ, вместе с объединением устройств в промышленную сеть.

Для создания унифицированной и расширяемой платформы АСТПП предлагается система пакетов STC (Standard Template Construct). Такие пакеты содержат описания используемых компонентов – роботов и устройств оснастки, данные о среде функционирования и используемых ресурсах (рис. 3).

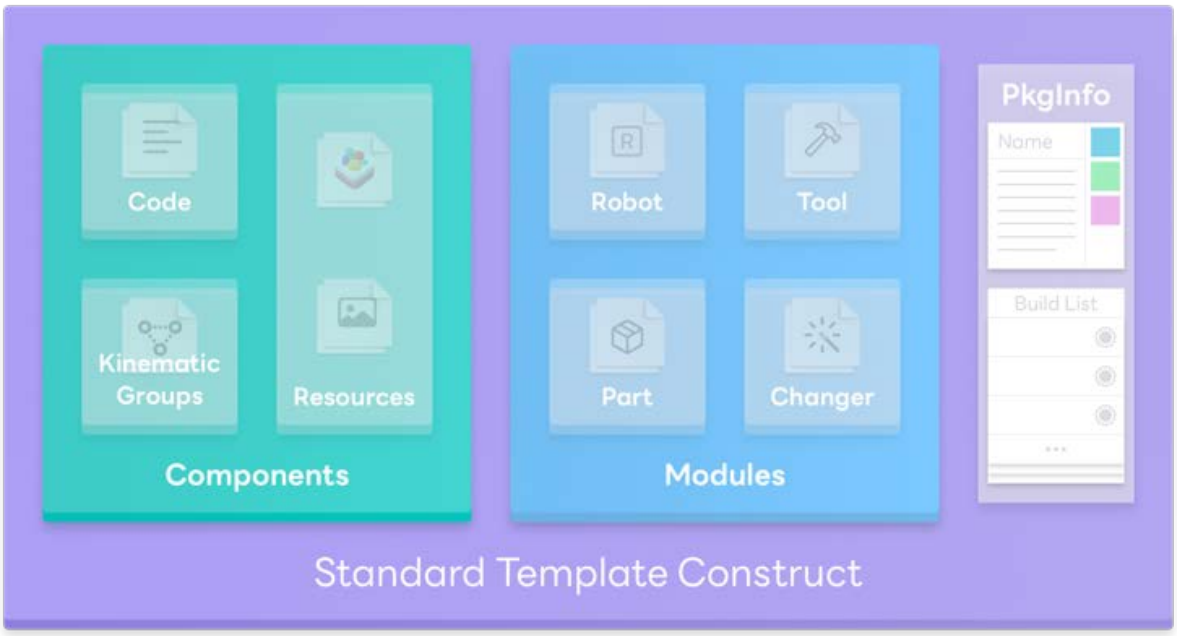


Рис. 3. Структура пакета STC версии 1.0

Разработка стандартизированных и модульных компонентов производственной системы, описанная в данной статье, представляет собой значительный шаг на пути к демократизации и упрощению производственных процессов. Введение стандартных шаблонных конструкций (STC) и приложения Industrial Builder облегчает создание сложных роботизированных систем благодаря модульному и доступному подходу.

Предлагая как внутренние, так и внешние варианты модулей, платформа обеспечивает гибкость в выборе и управлении оборудованием. Поддержка синтеза кинематики и генерации кода на основе шаблонов упрощает создание модулей, обеспечивая обеспечивая создание цифровых двойников различных моделей оборудования и их интеграцию в систему проектирования и управления.

Рассмотренные программные решения также обеспечивают более простой и эффективный подход в подготовке и развёртыванию производства.

Список литературы

1. Kawasaki Robotics. Programming Tool. Текст: электронный // Kawasaki Robotics: [сайт]. URL: https://kawasakirobotics.com/eu-africa/otherscategory/programming-tool/ (дата обращения: 20.02.2025).

2. ABB Robotics. RobotStudio Operating Manual. Текст: электронный // ABB Robotics: [сайт].URL: https://library.e.abb.com/public/244a8a5c10ef8875c1257b4b0052193c/3HAC032104-001_revD_en.pdf (дата обращения: 20.02.2025).

3. Fanuc. FANUC Educational Cell Exercises: Educational Guide. Текст: электронный // Fanuc: [сайт]. URL: https://www.fanuc.eu/~/media/files/pdf/products/robots/educational% 20cell/fanuc% 20educational%20cell%20exercises.pdf (дата обращения: 30.05.2024).

4. KUKA. Application Software. Текст: электронный // KUKA: [сайт]. URL: https://www.kuka.com/en-us/products/robotics-systems/software/applicationsoftware (дата обращения: 20.02.2025).

5. Off-Line Programming / RoboDK Blog. – 2023. Текст: электронный // RoboDK: [блог]. URL: https://robodk.com/blog/off-line-programming (дата обращения: 20.02.2025).

6. Industrial Robot Programming for Beginners / RoboDK Blog. – 2021. Текст: электронный // RoboDK: [блог]. URL: https://robodk.com/blog/industrial-robotprogramming/ (дата обращения: 24.02.2025).

7. Кайснер А., Раффо Г., Вунш-Винсент С. Робототехника: прорывные технологии, инновации, интеллектуальная собственность // Foresight. 2016. №

8. Текст: электронный // Cyberleninka: [сайт]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/robototehnika-proryvnye-tehnologii-innovatsiiintellektualnaya-sobstvennost (дата обращения: 24.02.2025).

9. Тексты выступлений на конференции «Развитие робототехники в России: интеграция в образование и промышленность». Текст: электронный // PRUoE: [сайт]. URL: https://drive.google.com/file/d/1g1zc4QgS3D4Z92ZMLD8Ltaeq3e79bNL/view (дата обращения: 24.02.2025).

10. Развитие робототехники в России: интеграция в образование и промышленность. 2023. Текст: электронный // URL: https://drive.google.com/file/d/1g1zc4QgS3D4Z-92ZMLD8Ltaeq3e79bNL/view (дата обращения: 24.02.2025).

11. Celadon Ithi. Macro Assembler, 2023. Текст: электронный // Celadon Production Systems: [блог]. URL: https://celadon-production-systems.blogspot.com/2023/12/the-ithi-macro-assembler-ima-formalizes.html (дата обращения: 30.05. 24.02.2025).

12. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Основы управления манипуляционными роботами: учебник для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 399 с.

Квашенников М.С.
студент,
Череповецкий государственный университет,
Россия, Череповец,
mskvashennikov@chsu.ru
Юдина О.В.
к.т.н., доцент кафедры «МПО ЭВМ»,
Череповецкий государственный университет,
Россия, Череповец
oviudina@chsu.ru

УЛУЧШЕНИЕ МОДЕЛИ PIX2CODE: ПЕРЕХОД ОТ РЕКУРРЕНТНЫХ СЕТЕЙ К ТРАНСФОРМЕРАМ

Аннотация. В данной статье рассматривается применение архитектуры трансформеров для улучшения качества модели Pix2Code, которая предназначена для автоматической генерации исходного кода пользовательских интерфейсов на основе их визуальных представлений. Традиционно для решения подобных задач использовались рекуррентные нейронные сети (RNN), однако они имеют ограничения, связанные с последовательной обработкой данных и сложностью захвата долгосрочных зависимостей. В рамках исследования была предложена модификация модели Pix2Code, в которой рекуррентные сети заменены на архитектуру трансформеров, что позволяет эффективнее обрабатывать контекст. Эксперименты показали, что использование трансформеров обеспечивает значительное улучшение качества генерации кода, повышение устойчивости модели к сложным входным данным. Полученные результаты подтверждают перспективность применения трансформеров в задачах преобразования изображений в код и открывают новые возможности для разработки инструментов автоматизации программирования.

Ключевые слова: трансформеры, автоматизация программирования, обработка изображений, машинное обучение, генерация кода, pix2code.

Kvashennikov M.S.
Student
Cherepovets State University
Russia, Cherepovets
mskvashennikov@chsu.ru
Yudina O.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of «Computer Systems and Software Engineering»
Cherepovets State University
Russia, Cherepovets
oviudina@chsu.ru

IMPROVING OF THE PIX2CODE MODEL: TRANSITION FROM RECURRENT NETWORKS TO TRANSFORMERS

Abstact. This article explores the application of transformer architecture to improve the quality of the Pix2Code model, which is designed for the automatic generation of user interface source code based on their visual representations. Traditionally, recurrent neural networks (RNNs) have been used to solve similar tasks; however, they are limited by sequential data processing and difficulties in capturing long-term dependencies. In this study, a modification of the Pix2Code model was proposed, replacing recurrent networks with a transformer architecture, allowing for more efficient context processing. Experiments demonstrated that the use of transformers significantly improves the quality of code generation and increases the model's robustness to complex input data. The obtained results confirm the potential of applying transformers in imageto-code conversion tasks and open new possibilities for developing automated programming tools.

Keywords: transformers, programming automation, image processing, machine learning, code generation, pix2code.

Развитие технологий искусственного интеллекта открывает новые горизонты для автоматизации программирования. Одной из актуальных задач является создание систем, способных генерировать исходный код на основе визуальных представлений пользовательских интерфейсов (UI). Модель Pix2Code [1], предложенная Tony Beltramelli в 2017 году, стала одной из первых попыток решения этой задачи. Она использует рекуррентные нейронные сети (RNN) для преобразования скриншотов интерфейсов в HTML/CSS-код. Однако, несмотря на успешность подхода, использование RNN имеет ряд ограничений, таких как сложность захвата долгосрочных зависимостей.

В данной работе предлагается модификация модели Pix2Code с заменой рекуррентных сетей на архитектуру трансформеров. Трансформеры, впервые представленные в статье «Attention is All You Need» [2], демонстрируют высокую эффективность в задачах обработки естественного языка и других областях благодаря механизму внимания и параллельной обработке данных.

Обзор существующей модели

Pix2Code представляет собой модель, которая объединяет сверточную нейронную сеть (CNN) для обработки входного изображения интерфейса и рекуррентную нейронную сеть для генерации последовательности токенов, представляющих исходный код. CNN извлекает признаки из скриншота, а RNN последовательно генерирует токены, формируя строку кода.

Основным недостатком такой архитектуры является то, что RNN плохо справляются с захватом глобальных зависимостей в данных, что может привести к ошибкам в генерируемом коде.

Предложение по улучшению качества модели

В рамках исследования была предложена новая архитектура модели, в которой рекуррентная сеть (блоки LSTM [3]) заменена на трансформер. Архитектура состоит из следующих компонентов:

1. Сверточная нейронная сеть (CNN): обрабатывает входное изображение интерфейса и извлекает его признаки;

2. Трансформер-энкодер: принимает на вход последовательность токенов, и преобразует их в высокоуровневое представление. Выход энкодера представляет собой векторное представление;

3. Трансформер-декодер: генерирует последовательность токенов.

4. Компилятор: на выходе декодера формируется последовательность токенов, которая затем преобразуется в читаемый HTML/CSS-код. Для этого применяется словарь, содержащий все возможные токены.

На рис. 1 показана измененная архитектура модели с применением трансформера.

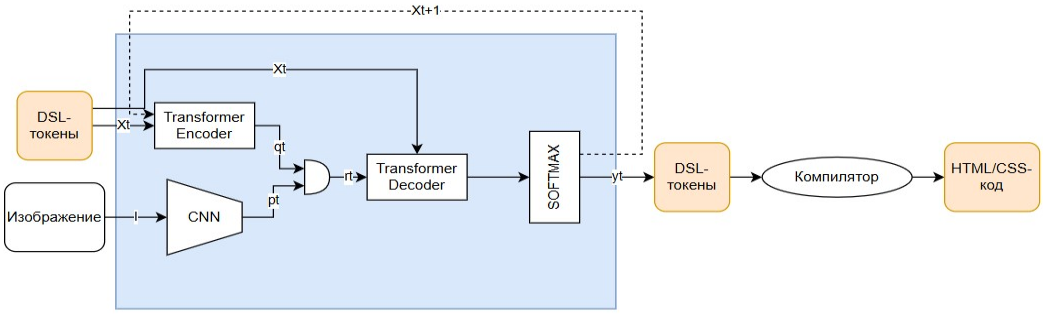


Рис. 1. Измененная архитектура модели с применением трансформера

Математически модель можно описать согласно формулам 1-5.

$$p = CNN(I) \quad (1)$$

$$q_t = Transformer\ Encoder(x_t) \quad (2)$$

$$r_t = (q, p_t) \quad (3)$$

$$y_t = softmax(Transformer\ Decoder(x_t, r_t)) \quad (4)$$

$$x_{t+1} = y_t \quad (5)$$

Механизм внимания, применяемый в трансформерах, позволяет напрямую связывать любые позиции входной или выходной последовательности, независимо от расстояния между ними, что может обеспечить лучший захват долгосрочных зависимостей.

На рис. 2 представлена расширенная схема Transformer Encoder и Transformer Decoder.

На вход модели подается исходная последовательность токенов и изображение макета, из которого необходимо получить HTML/CSS-код. Выходная последовательность токенов образуется путем серии предсказаний, каждый раз прибавляя ко входной последовательности предсказанный токен на предыдущем шаге, процесс продолжается, пока не будет предсказан завершающий токен, либо пока не будет достигнут предел количества выходных токенов.

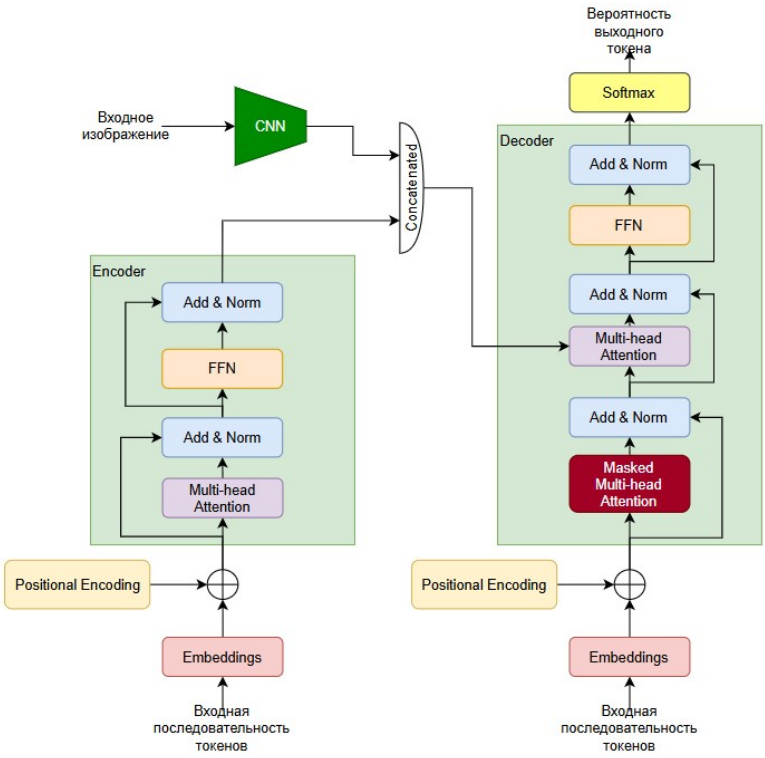


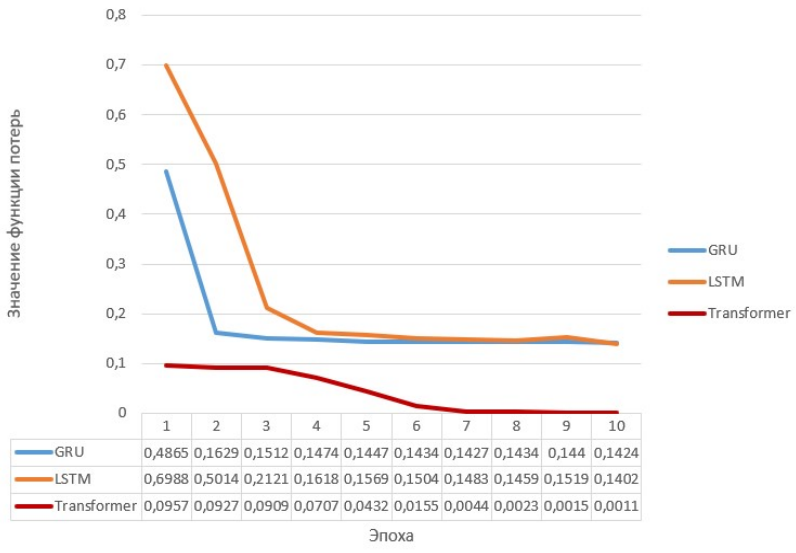
Рис. 2. Расширенная схема Transformer Encoder и Transformer Decoder

Экспериментальная проверка

Для проведения дальнейшего эксперимента был использован набор данных Pix2Code, содержащий набор изображений и соответствующих им DSL-токенов. Для оценки качества моделей были использованы следующие метрики:

- BLEU: оценка качества сгенерированной последовательности по сравнению с эталонной;
- ROUGE: серия метрик для оценки качества решения задачи суммаризации текста;
- Время обучения: общее время, затраченное на обучение модели до достижения оптимальной сходимости;
- Вычислительная сложность: количество параметров модели.

В ходе обучения модели были получены следующие графики результатов функции потерь на каждой эпохе обучения, как показано на рис. 3.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GRU	0,4865	0,1629	0,1512	0,1474	0,1447	0,1434	0,1427	0,1434	0,144	0,1424
LSTM	0,6988	0,5014	0,2121	0,1618	0,1569	0,1504	0,1483	0,1459	0,1519	0,1402
Transformer	0,0957	0,0927	0,0909	0,0707	0,0432	0,0155	0,0044	0,0023	0,0015	0,0011

Рис. 3. Результаты функции потерь во время обучения

Как видно на графике изменения функции потерь – модель, основанная на трансформерах, достигает сходимости быстрее и имеет минимальное значение функции потерь. В таблbwt представлены результаты сравнения оригинальной модели Pix2Code и модели с применением трансформеров.

Таблица

Результаты сравнения оригинальной модели Pix2Code и модели, с применением трансформеров

Модель	Метрика					
	BLEU	ROUGE-1	ROUGE-2	ROUGE-L	Время обучения	Кол-во параметров
CNN + LSTM encoder + LSTM decoder	0.8056	0.9640	0.9074	0.9199	1ч 39мин	45 393 684
CNN + GRU encoder + GRU decoder	0.7950	0.9538	0.8931	0.9008	1ч	43 561 748
CNN + Transformer encoder + Transformer decoder	1.0	0.99	0.99	0.99	2ч 06мин	63 515 156

Экспериментальные результаты подтвердили перспективность применения трансформеров в задаче преобразования изображений в код. Наблюдается значительное улучшение метрик качества, таких как BLEU и ROUGE. Полученные результаты могут быть использованы для создания более эффективных систем генерации кода.

Список литературы

1. Beltramelli, T. pix2code: Generating Code from a Graphical User Interface Screenshot / T. Beltramelli – Текст : непосредственный. 2017. pix2code.

2. Vaswani, A. Attention Is All You Need. 2023.

3. LSTM – нейронная сеть с долгой краткосрочной памятью П. Глек – LSTM – рекуррентная нейросеть с долгой краткосрочной памятью. Справляются с генерацией текста, учитывая контекст. Виды и примеры в статье. – URL: https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/lstm-nejronnaja-set/ (дата обращения: 14.03.2025) – Текст: электронный.

Ле Минь Тханг
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
Leminhthang442001@gmail.com
Архипов М.В.
к.т.н., доцент кафедры «Автоматика и управление»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
maksim_av@mail.ru

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РАБОТЫ РЕЗЕРВУАРА СОЕВОГО СОУСА НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация. В рамках данной статьи разрабатывается автоматическая система мониторинга и управления процессом работы резервуаром соевого соуса. Основная цель системы – обеспечить автоматизацию процессов мониторинга и управления для поддержания оптимальных условий хранения соуса, что включает в себя контроль температуры, объёма, уровня и других ключевых параметров. Для контроля и управления данными процессами применяется интегрированная система, состоящая из модуля программируемого логического контроллера (ПЛК) S7-1200, панели человеко-машинного интерфейса (HMI) и программного обеспечения TIA Portal V17. С помощью ПЛК S7-1200 осуществляется сбор данных с датчиков и управление оборудованием, панель HMI обеспечивает удобный интерфейс для оператора, а TIA Portal V17 служит для программирования, конфигурирования и диагностики системы. Принимаем систему SCADA при реальным условиях, чтобы получить базы данных параметров соевого соуса и наблюдать процесс сохранения и перекачки соевого соуса в резервуар в реальном времени.

Ключевые слова: резервуар, контроллер, панель, датчик, модуль, система, сервер.

Le Minh Thang
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Leminhthang442001@gmail.com
Arkhipov M.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Automation and Control
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
maksim_av@mail.ru

AUTOMATED SYSTEM FOR MONITORING AND CONTROLLING THE OPERATION OF A SOY SAUCE TANK IN PRODUCTION

Abstract. This article presents the development of an automated system for monitoring and controlling the operation of a soy sauce storage tank. The main goal of the system is to automate the processes of monitoring and control in order to maintain optimal storage conditions for the sauce, which includes monitoring temperature, volume, level, and other key parameters. An integrated system is used to control and manage these processes, consisting of an S7-1200 programmable logic controller (PLC) module, a human-machine interface (HMI) panel, and TIA Portal V17 software. The S7-1200 PLC is responsible for collecting sensor data and controlling equipment, the HMI panel provides a user-friendly interface for the operator, and TIA Portal V17 is used for programming, configuration, and diagnostics of the system. A SCADA system is implemented under

real conditions to collect a database of soy sauce parameters and to monitor the preservation and transfer process of soy sauce in the tank in real time.

Keywords: tank, controller, panel, sensor, module, system, server.

Современное производство соевого соуса предъявляет высокие требования к качеству и эффективности процессов. Одним из ключевых элементов в этой цепочке является резервуар для хранения и подготовки соуса, управление которым имеет решающее значение для обеспечения стабильности качества продукции. В связи с этим, автоматизация процессов управления и мониторинга резервуара является важной задачей.

В рамках данной статьи рассматривается автоматическая система мониторинга и управления резервуаром соевого соуса на производстве. Особое внимание уделяется этапу сохранения и перекачки соевого соуса, который является ключевым для обеспечения его качества и вкусовых характеристик.

Обзор существующей модели

Для контроля и управления данными процессами применяется интегрированная система, состоящая из модуля программируемого логического контроллера (ПЛК) S7-1200, панели человеко-машинного интерфейса (HMI) и программного обеспечения TIA Portal V17. Эта система позволяет автоматизировать процессы мониторинга и управления, обеспечивая высокую точность и стабильность производственного процесса. С помощью ПЛК S7-1200 осуществляется сбор данных с датчиков и управление оборудованием, панель HMI обеспечивает удобный интерфейс для оператора, а TIA Portal V17 служит для программирования, конфигурирования и диагностики системы.

Принимаем систему SCADA при реальным условиях, чтобы получить базы данных параметров соевого соуса и наблюдать процесс сохранения и перекачки соевого соуса в резервуар в реальном времени.

Предлагаемое решение автоматической системы управления процессом работы резервуара

Как показано на рис. 1, соевый соус будет перекачиваться в резервуар с помощью насоса и сливаться через сливной клапан. В резервуаре установлены датчики температуры, давления и уровня. Система управляется через щит автоматики и управления и отслежена через интерфейс человеко-машинного взаимодействия (HMI).

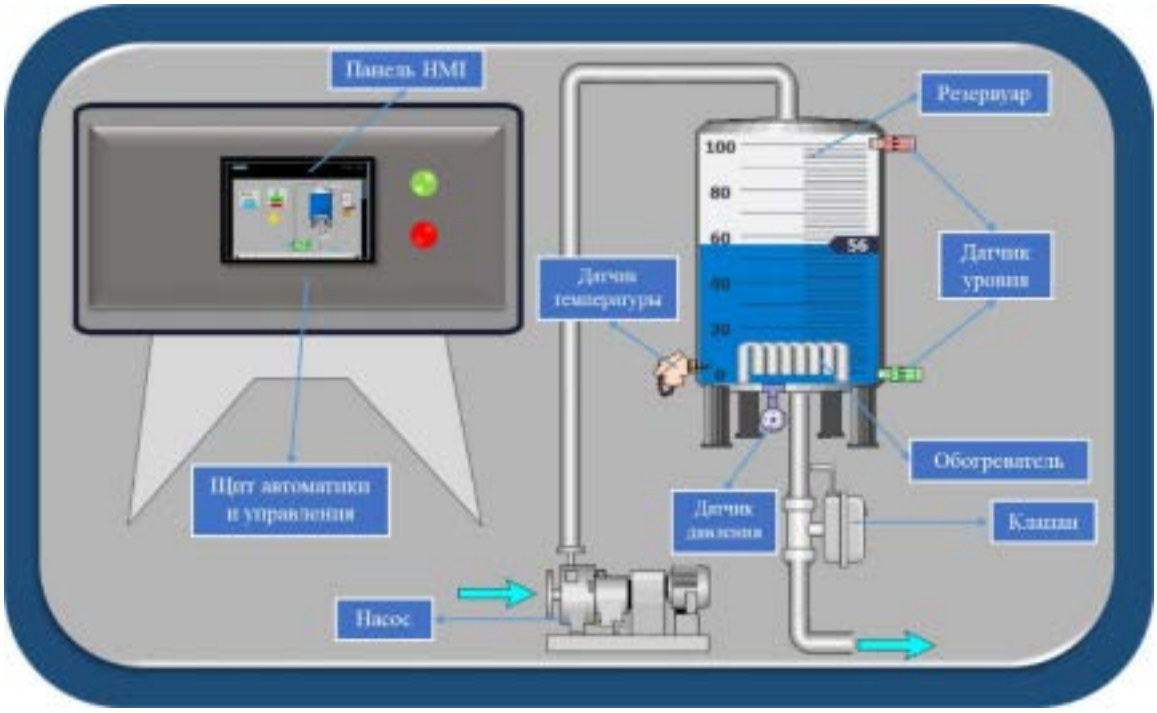


Рис. 1. Автоматическая система управления процессом работы резервуара

Автоматическая система мониторинга и управления резервуаром разделена на три уровня [1] (см. рис. 2).

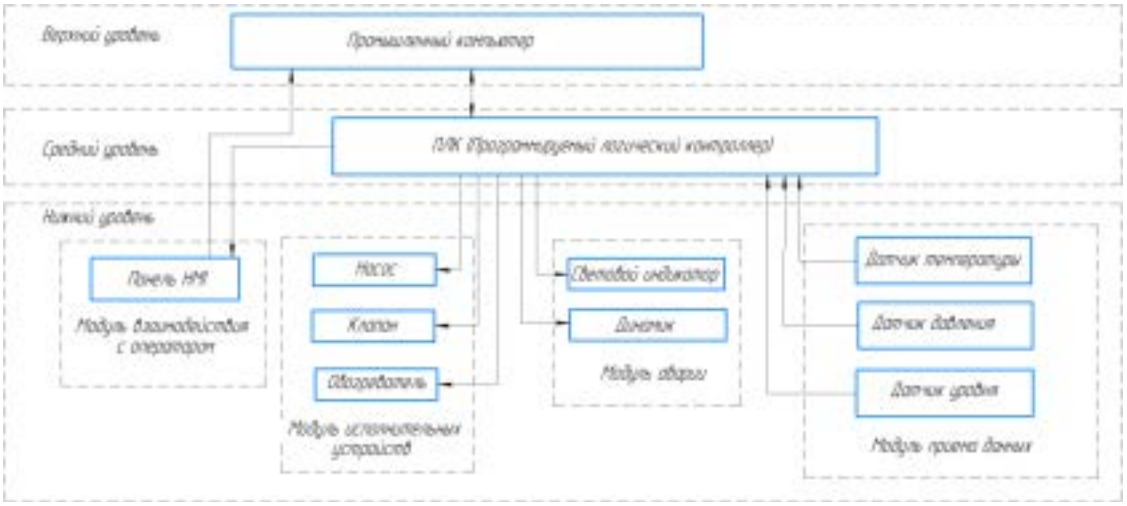


Рис. 2. Структура автоматической системы

На верхнем уровне находится «Промышленный компьютер», который выполняет функции мониторинга, сбора данных от программируемого логического контроллера и управления оборудованиями системы.

На среднем уровне состоит из «ПЛК» (Программируемый логический контроллер), который принимает сигналы от различных датчиков и исполнительных устройств, обрабатывает их в соответствии с заданной программой и выдает управляющие команды на оборудования.

На нижнем уровне находятся компоненты, которые непосредственно взаимодействуют с резервуаром соевого соуса:

• в модуле взаимодействия с оператором «Панель HMI» (интерфейс человека-машины) предоставляет оператору возможность визуально мониторить процессы и вводить команды;

• в модуле исполнительных устройств, «Насос», «Клапан» и «Обогреватель» отвечают за регулирование потока соуса, поддержание необходимой температуры и контроль других важных параметров;

• в модуле аварии «Световой индикатор» и «Динамик» служат для сигнализации о возникновении аварийных ситуаций;

• в модуле приема данных «Датчики температуры», «Датчик давления», «Датчик уровня» собирают данные о текущем состоянии резервуара и передают ее в ПЛК для обработки и дальнейшего реагирования системы.

Эта структура обеспечивает комплексный и гибкий подход к управлению и мониторингу процессов производства соевого соуса, гарантируя эффективность и безопасность на всех этапах производства (рис. 3).

Из бродильных чанов соевый соус будет перекачиваться в резервуары.

Процесс начнётся с уровня наполнения в 0% и продолжится до достижения 100% резервуара. Как только резервуар будет полностью заполнен, насос автоматически остановится. Этот автоматизированный процесс обеспечивает точное и эффективное управление объёмом соевого соуса, предотвращая перелив или недостаточное заполнение. В резервуаре соевый соус будет храниться в течение пяти дней. Температура соуса будет поддерживаться на уровне 50 °C с помощью автоматического обогревателя. Это обеспечивает стабильность и качество продукта, так как поддержание оптимальной температуры критически важно для сохранения вкуса и аромата соевого соуса. По истечению времени хранения соевый соус будет перекачан в следующий этап процесса, который является этапом стерилизации, через специальный сливной клапан. Этот клапан автоматически закроется, когда уровень соуса в резервуаре достигнет нуля. Это позволяет точно контролировать объем перекачиваемого продукта, гарантируя, что весь соус будет эффективно переведён на следующий этап обработки без потерь.

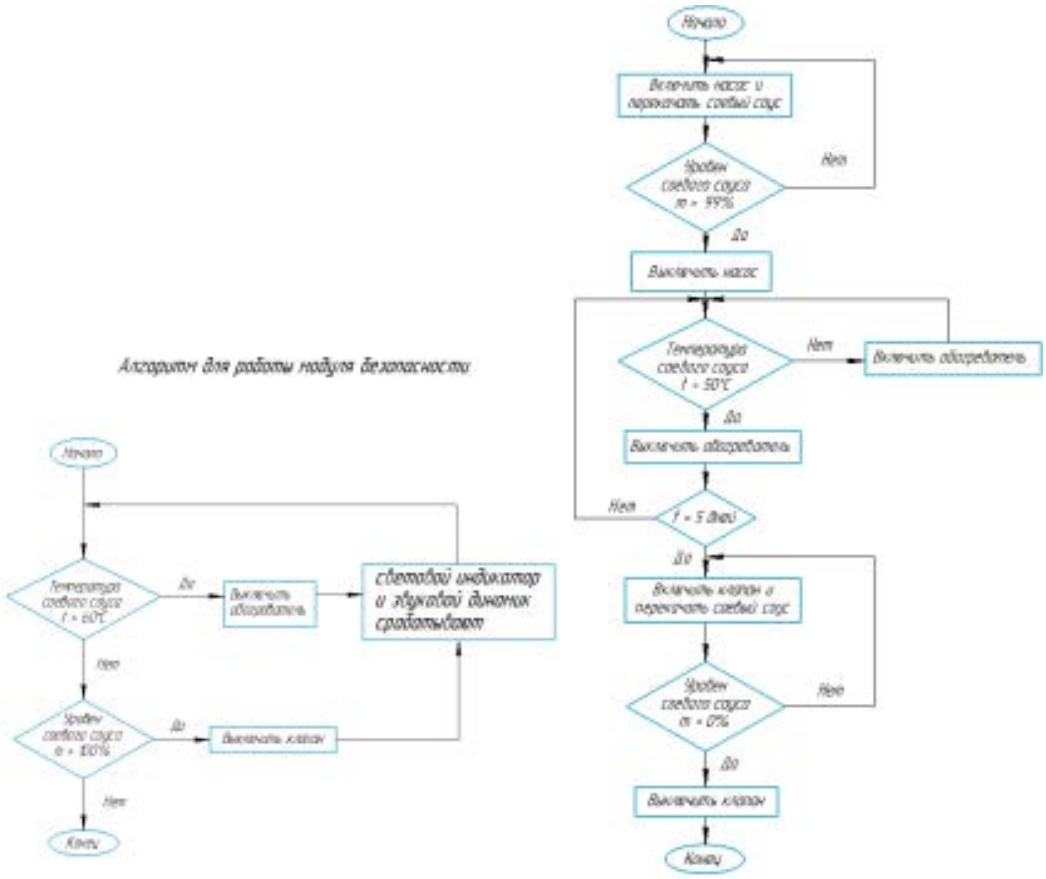


Рис. 3. Алгоритм управления АС управления процессом работы резервуара

Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП) с использованием OPC-клиента и сервера [2] обычно представляет собой многоуровневую структуру, каждый уровень которой выполняет свои задачи. Вот как может выглядеть такая структура (см. рис. 4), которая состоит из следующих уровней: Уровень полевых устройств, Уровень контроллеров (ПЛК), Уровень OPC-сервера, Уровень OPC-клиента, Уровень SCADA.

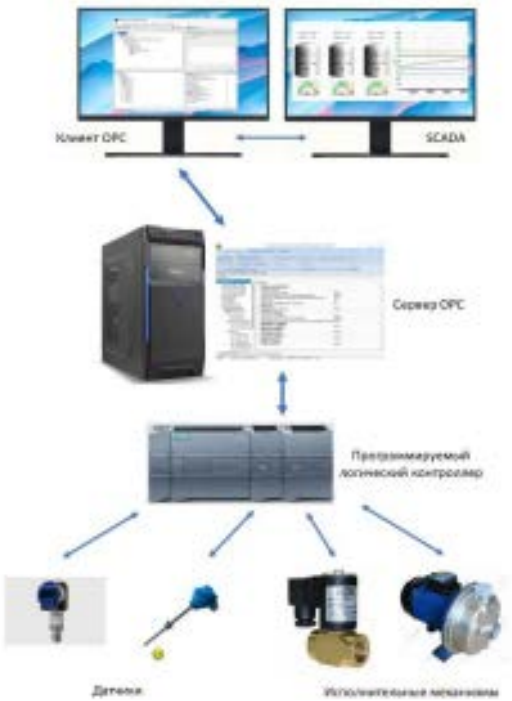


Рис. 4. Структура АСУ ТП, включающая OPC-клиент и сервер

Симуляция процесса работы и управления автоматической системой

Программа симулируется с использованием программного обеспечения SIMATIC WinCC Runtime [3]. На экране отображается работа устройств (насоса, клапана, обогревателя, панелей управления) и параметры (уровень соуса, время, температура) (см. рис. 5).

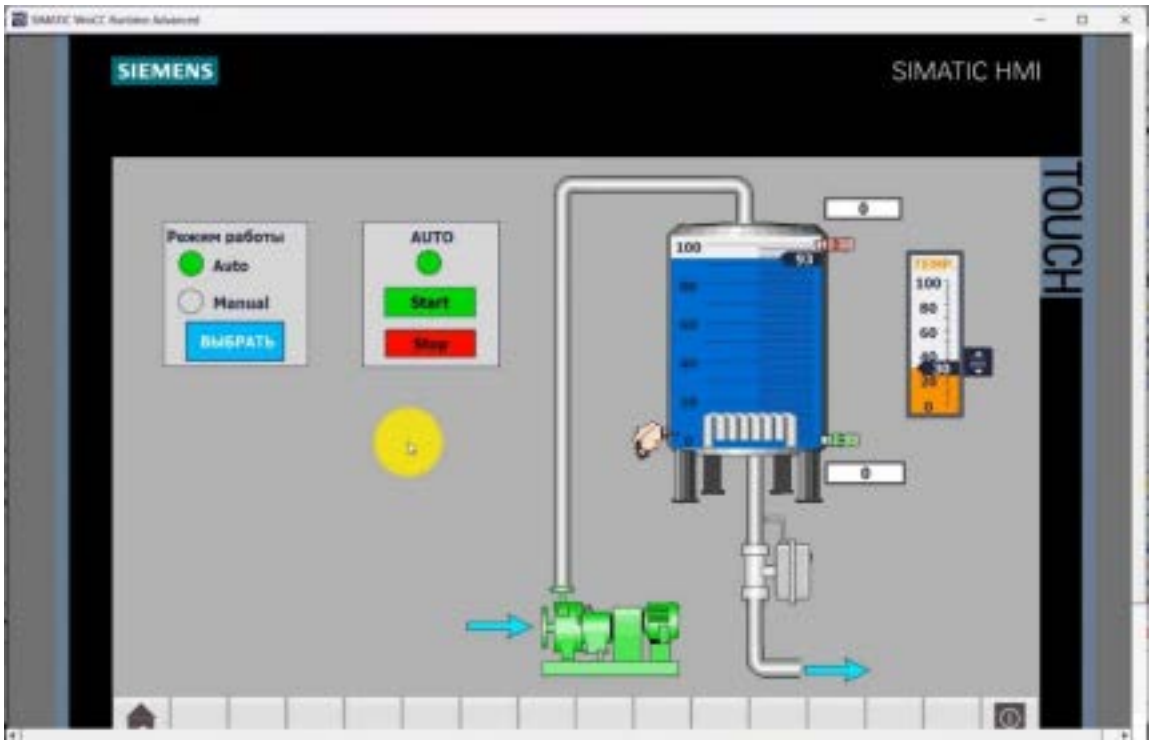


Рис. 5. Интерфейс экрана HMI

Установка компонентов системы для сбора данных



Рис. 6. Щит автоматики и управления

Экспериментальная проверка

На рис. 7 видно, что значение давления в резервуаре 3 рано 0.14 бар, которое ровно значению давления на датчике давления, панель HMI. Это означает, что мы успешно подключаем систему SCADA к автоматической системе резервуара. Снималась работа системы SCADA на видео, когда соевый соус перекачается в резервуар-2. Процесс работы системы SCADA происходит непрерывно и эффективно в реальном времени.



Рис. 7. Значение давления на датчик давления, панели, и системе SCADA

В данной работе были получены следующие результаты. Разработана симуляционная модель для процесса работы автоматической системы перекачки и хранения соевого соуса в резервуаре. Данная симуляция способствует глубокому пониманию взаимодействия между разнообразными устройствами внутри системы, облегчая задачу операторов по визуализации функционирования системы и её проектированию в реальных условиях. В будущем планируется реализовать эту автоматическую систему с полностью при реальным условиях. Разработана система мониторинга процесса работы автоматической системы. Система SCADA показывает визуализацию состояния работы резервуаров (давления, температуры, объёма и высоты уровень соуса). В рамках данного проекта была разработана базовая модель системы SCADA. В будущем планируется её обновление с целью расширения функциональных возможностей. Предполагается, что система SCADA обеспечит удалённое управление оборудованием и автоматизацию процесса составления ежедневных отчётов для анализа собранных данных, что значительно повысит эффективность работы и безопасность системы в целом.

Список литературы

1. Ю.Н. Федоров. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка – М.: Издательство Инфра-Инженерия 2008. – 929 стр.

2. И. А. Елизаров, А. А. Третьяков, А. Н. Пчелинцев, В. А. Погонин, В. Н. Назаров, П. М. Оневский. Интергированные системы проектирования и управления SCADA-системы – М.: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015г. – 160 стр.

3. Haoqiang Ji. B.Sc. PLC Programming For A Water Level Control System: Design and System Implementation – China, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2013. – 57 с.

4. Н.В. Гусев, С.В. Ляпушкин, М.В. Коваленко. Автоматизация технологических комплексов и систем в промыленности: Учеб. пособие. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013. – 186 с.

Ширяев В.А.
аспирант,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва sva2298@mail.ru
Рачков М.Ю.
д.т.н., профессор кафедры «Автоматика и управление»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва michyur@gmail.com

СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ДВУХПЕДИПУЛЯТОРНОГО РОБОТА ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Аннотация. Разработана конструкция двухпедипуляторного конструкция робота с системой диагностики. Система диагностики позволяет контролировать функционирование всех основных узлов робота, что повышает надежность его перемещения на вертикальных поверхностях. В результате использования приведенных технических решений достигается увеличение надежности функционирования устройства за счет введения системы диагностики работы при отсутствии электрического и пневматического кабельных соединений с наземным блоком оператора.

Ключевые слова: робот вертикального перемещения, диагностика, педипулятор, система управления, датчик.

Shiryaev V.A.
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
sva2298@mail.ru
Rachkov M.Yu.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Automation and Control
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
michyur@gmail.com

DIAGNOSTIC SYSTEM FOR A TWO-PEDIPULATOR CLIMBING ROBOT

Abstract. The design of a two-pedipulator robot with a diagnostic system has been developed. The diagnostic system allows monitoring the functioning of all the main components of the robot that increases the reliability of its movement on vertical surfaces. As a result of using the described technical solutions, an increase in the reliability of the device is achieved by introducing a diagnostic system for operation in the absence of electrical and pneumatic cable connections to the operator unit.

Keywords: climbing robot, diagnostics, pedipulator, control system, sensor.

Роботы вертикального перемещения предназначены для выполнения различных технологических операций на вертикальных и наклонных поверхностях в опасных для человека

условиях. Например, на высотных конструкциях или на атомных станциях [1]. Для обеспечения вертикального перемещения педипуляторы этих роботов оснащаются различными видами захватных устройств [2]. Вакуумные захватные устройства отличаются надежностью и универсальностью, так как осуществляют движения как по ферромагнитным, так и по неферромагнитным поверхностям. Они способны реализовать захват на неровных и шероховатых поверхностях перемещения [3]. Обычно такие роботы реализуют поочередное пошаговое перемещение и фиксацию двух групп педипуляторов, что ограничивает скорость робота. Указанный недостаток устраняется в двухпедипуляторной схеме, где не затрачивается время на переключение исполнительных устройств между группами педипуляторов, а используется перемещение платформы робота с технологическим оборудованием за счет вращательного движения платформы относительно одного закрепленного на поверхности захвата на требуемый угол [4]. Однако при этом возрастают требования к надежности фиксации захвата на поверхности перемещения, т.к. отсутствуют страховочные точки закрепления, как это имеет место с двумя группами педипуляторов.

Конструкция робота с системой диагностики приведена на рис. 1.

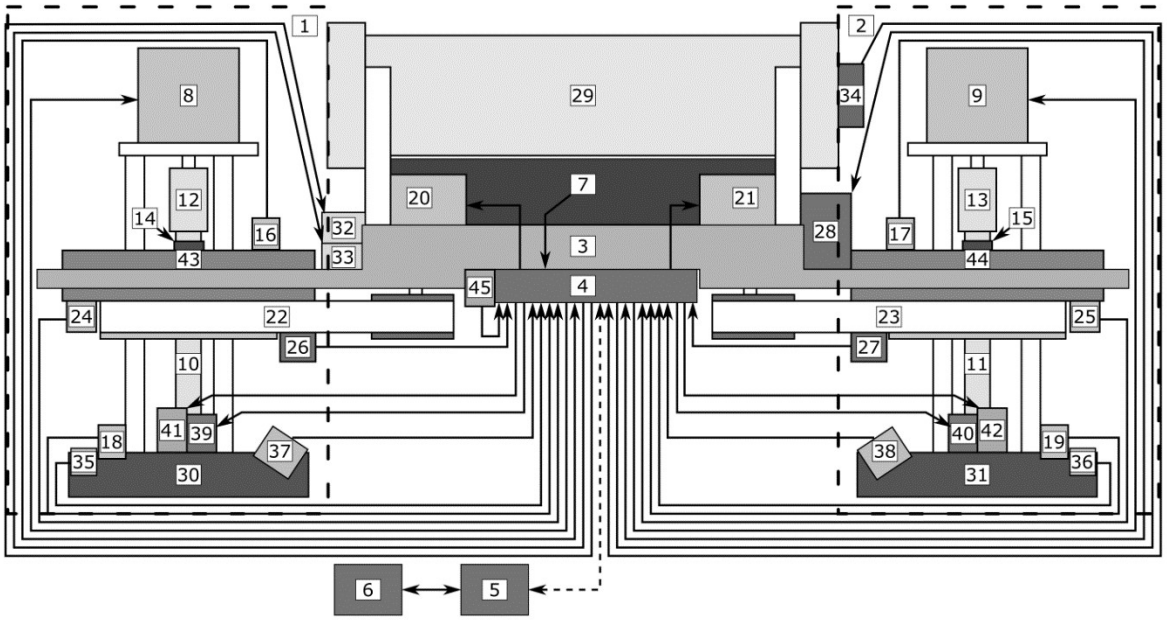


Рис. 1. Конструкция робота с системой диагностики

Робот содержит два педипулятора 1 и 2, которые соединены между собой платформой 3, и управляются с помощью контроллера 4 со встроенным беспроводным модулем связи 5. С помощью модуля связи на базе Wi-Fi происходит прием команд от оператора роботу и передача диагностических данных робота оператору на наземный пульт управления 6. Источник питания 7 установлен на платформе робота и обеспечивает стабильное напряжение для всех компонентов, расположенных на борту робота и силовых ключей, которые необходимы для управления работой двигателей от контроллера [10].

Каждый педипулятор включает в себя узел перемещения, который образован из шаговых двигателей 8 и 9, соединенных с трапецеидальными винтами 10 и 11 передачи винт-гайка через муфты 12 и 13. Гайки 14 и 15 связаны с платформой 3. Линейные датчики перемещения 16 и 17 отслеживают положение педипуляторов. Концевые переключатели 18 и 19 определяют точки отсчета положения подвижных узлов. Поворотный блок состоит из сервоприводов вращения 20 и 21, закрепленных на платформе. Радиальные подшипники 43 и 44 закреплены внешней частью на платформе, а внутренней частью соединены с узлом перемещения. Ременные редукторы 22 и 23 передают вращение на платформу. Для отслеживания положения платформы используется кольцевые энкодеры 24 и 25. Концевые переключатели 26 и 27 определяют точки отсчета положения подвижных узлов.

Фиксация робота на поверхности происходит с помощью вакуума в педипуляторах. Вакуумный насос 28 (рис. 1) откачивает воздух из вакуумного ресивера 29, который соединен с вакуумными захватами 30 и 31 через вакуумные клапаны 32 и 33 и обеспечивает повышение надежности работы за счет создания резервного объема вакуума. Для контроля достаточного уровня вакуума используются вакуумметр ресивера 34 и вакуумметры на каждом захвате 35 и 36.

Для предварительной оценки качества поверхности фиксации на каждом педипуляторе установлен блок оценки поверхности, состоящий из датчика определения качества поверхности фиксации, установленный внутри каждого вакуумного захвата, включающий приводы вращения 39 и 40. На вакуумных захватах находятся лазерные модули 41 и 42 с объективом и камерами 37 и 38. Объективы обеспечивают развертку лазерного луча в прямую линию. Изгиб лазерной линии указывает на наличие выпуклости, вогнутости или резкой смены уровня поверхности фиксации [5]. Изображение вогнутости поверхности фиксации приведено на рис. 2.

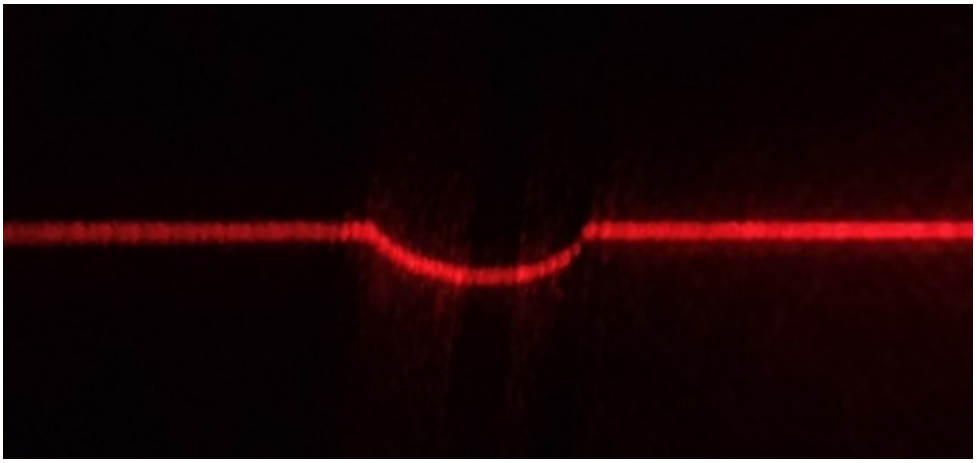


Рис. 2. Изображение вогнутости поверхности фиксации

Инклинометр 45 жестко связан с платформой. Он позволяет корректировать положение платформы робота в случае отклонения от программной траектории движения в автоматическом режиме. В центрах вакуумных захватов расположено отверстие, которое с внутренней нижней части захватов закрыто плоскопараллельной линзой для пропускания лазерного луча сквозь себя без искажений и загерметизировано для устранения протечки воздуха. Лазерные модули расположены внутри приводов вращения таким образом, что при вращении центральной части приводов вращения лазерный луч, проходя через линзу, попадает на поверхность непосредственно под педипулятором. В свою очередь камеры расположены в верхней части вакуумных захватов, объективы которых направлены в центр места фиксации и герметизированы, что позволяет использовать триангуляционный метод измерения и избежать утечек воздуха.

Вращение лазерного модуля позволяет исследовать линию на поверхности по всему участку под вакуумным захватом. В случае дефектов, таких как трещины или существенные неровности на поверхности в кадре камер, линия будет неровной или прерывистой, что говорит о необходимости изменить место фиксации захвата. Блок оценки поверхности связан с поворотным блоком для подачи корректирующего сигнала через контроллер 4 для изменения места фиксации. Контроллер выполнен на базе микроконтроллера ESP32-S3R8, а источник питания – на базе сборки литийионных аккумуляторов типоразмера 18650, лазерный модуль – на базе модуля DSL6505-0921, а камера – на базе модуля OV2640. В качестве инклинометра использован цифровой двухосевой инклинометр MPU6050.

В начальной позиции после установки робота на вертикальную поверхность, он удерживается двумя педипуляторами (рис. 3).

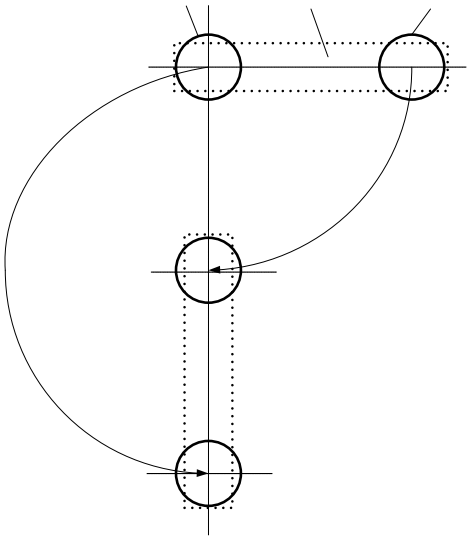


Рис. 3. Способ перемещения робота

Инклинометр фиксирует начальное положение оси платформы относительно горизонтали для программного задания траектории движения в рабочую зону. Далее робот удерживается на вертикальной поверхности с помощью одного вакуумного захвата, при этом второй вакуумный захват имеет возможность перемещения на заданный угол путем поворота платформы относительно оси вращения поворотного блока первого вакуумного захвата по указанной траектории. Затем второй вакуумный захват фиксируется на поверхности перемещения, после чего первый вакуумный захват освобождается от вакуума и получает способность перемещения относительно оси вращения поворотного блока второго вакуумного захвата по его траектории.

Благодаря выбору соответствующих углов поворота платформы, контролируемых энкодерами, она может быть установлена в необходимом для проведения технологической операции положении с помощью бортового оборудования, например, инспекционного. Во время проведения технологической операции оба вакуумных захвата фиксируются на поверхности для обеспечения повышенной надежности удержания на ней.

Узел перемещения позволяет обеспечить возможность прижима захвата перед фиксацией к поверхностям перемещения, имеющим изгибы или неровности. Опорной базой при этом служит уже зафиксированный на поверхности перемещения вакуумный захват.

В результате использования приведенных технических решений достигается увеличение надежности функционирования устройства за счет введения системы диагностики работы при отсутствии электрического и пневматического кабельных соединений с наземным блоком оператора.

Список литературы

1. Градецкий В. Г., Рачков М. Ю. Роботы вертикального перемещения / – Москва: Министерство Образования РФ, 1997.- 223 с.

2. Wang L., Graber L., Iida F., Large-Payload Climbing in Complex Vertical Environments Using Thermoplastic Adhesive Bonds, in IEEE Transactions on Robotics, 2013, vol. 29, no. 4, pp. 863-874.

3. Рачков М.Ю. Робот вертикального перемещения по сложным поверхностям // Мехатроника, Автоматизация, Управление. Машиностроение: 6, 2002, с. 26-30.

4. Ширяев В.А., Рачков М.Ю. Педипуляторный робот вертикального перемещения, патент РФ № 221076, 2023.

5. Nesterov A. V. The use of OpenCV Library Tools to Isolate a Laser Line on the Surface of a Physical Model of a Heated Industrial Product / A. V. Nesterov, M. V. Lenkov, I. N. Romanov. // Proc. of the 32nd Int. Conf. on Computer Graphics and Vision. 2022. pp. 470-476.

Баранов Н.Е.
к.т.н., декан факультета лётной эксплуатации,
СПбГУ ГА,
Россия, Санкт-Петербург
nbaranov@yandex.ru

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГУЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ ПРОГНОЗИРУЮЩЕЙ МОДЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО ПОРЯДКА

Аннотация. В статье предложен метод построения промышленных регуляторов на основе алгоритма управления с использованием полиномиальной прогнозирующей модели переменного порядка. Получены аналитические зависимости для формирования управляющих воздействий с использованием только базовых арифметических операций.

Ключевые слова: промышленный регулятор, прогнозирующая модель, функционал обобщенной работы.

Baranov N.E.
Candidate of Technical Sciences, Dean of Flight Operation Faculty
SPbUCA
Russia, Saint Petersburg
nbaranov@yandex.ru

METHOD OF INDUSTRIAL REGULATORS SYNTHESIS BASED ON A CONTROL ALGORITHM USING A VARIABLE ORDER POLYNOMIAL PREDICTIVE MODEL

Abstact. The article proposes a method for of industrial regulators synthesis based on a control algorithm using a variable order polynomial predictive model. Analytical dependencies for generating control actions using only basic arithmetic operations were obtained.

Keywords: industrial regulator, predictive model, generalized work functional.

Автоматическое регулирование, имеющее целью поддержание постоянства (стабилизацию) заданного значения регулируемых переменных или их изменение по заданному во времени закону (программное регулирование) с требуемой точностью, является одной из важнейших задач автоматизации технологических процессов. Оно позволяет обеспечить получение продукции нужного качества, а также безопасную и экономичную работу технологического оборудования [1]. Данная задача реализуется посредством автоматических систем управления.

Первой среди основных задач, возникающих построении автоматических систем управления, является математическое описание объекта регулирования. Вследствие недостатка априорной информации об объекте, вариации его параметров, помех и т.п., построение полной математической модели объекта регулирования на практике не всегда возможно [2].

В этом случае для синтеза адаптивных АСУ сложными многомерными системами может быть использован подход на основе использования полиномиальной прогнозирующей модели переменного порядка [3]. Рассмотрим объект регулирования, имеющий m входов и n выходов. На каждый вход ставится наблюдатель, вырабатывающий полиномиальную модель. В качестве вектора состояния рассматривается вектор, компонентами которого служат подвекторы, характеризующие полиномиальное приближение измеряемого на каждом выходе процесса. Сбор данных для построения данной модели может осуществляться различными способами с использованием технических средств, информационных технологий или с помощью человека, например, в рамках реализации концепции Интернет вещей [4]. Набор собираемых данных зависит от характера производства, уровня автоматизации и целей производителя и может включать данные из технической документации, систем автоматизации, датчиков и измерительных систем и др.

С использованием собранных данных строится полиномиальная модель каждого из n выходов объекта регулирования:

$$x_i(t) = \sum_{j=0}^{N_i} a_j t^j, i = \overline{1,n},$$

где x_i – величина рассогласования между заданным и фактическим значениями регулируемого параметра. Данное полиномиальное представление эквивалентно описанию динамики объекта регулирования следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\dot{X} = AX + Bu,$$

где

$$X^{\mathrm{T}} = [X_1^{\mathrm{T}}, \quad X_2^{\mathrm{T}}, \quad \dots, \quad X_n^{\mathrm{T}}],$$

$$A = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & E_{N_1} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \begin{bmatrix} 0 & E_{N_n} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \end{bmatrix},$$

$$B = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1m} \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}_{(N_1+1)\times m} \\ \vdots \\ \begin{bmatrix} b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nm} \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}_{(N_n+1)\times m} \end{bmatrix}.$$

Структура матриц A и B определена в работе [3].

Управление u выбирается исходя из минимума критерия оптимальности в виде функционала обобщённой работы вида:

$$I = V_3[X(t_1)] + \frac{1}{2}\int_{t_0}^{t_1} [Q_3(t,X) + u^{\mathrm{T}}K^{-1}u + \tilde{u}^{\mathrm{T}}K^{-1}\tilde{u}]\,dt,$$

$$V_3 = \frac{1}{2}X^{\mathrm{T}}FX\Big|_{t=t_1}, \quad Q_3 = X^{\mathrm{T}}QX.$$

где F, Q – неотрицательно определенные матрицы, а K – положительно определенная, $\tilde{u}$ – пока ещё неизвестное оптимальное управление.

Оптимальное управление определяется из необходимых условий оптимальности, вытекающих их принципа максимума:

$$\tilde{u} = -KB^T p,$$

где p – вектор сопряжённых переменных, определяемый следующим образом:

$$\dot{p} = -Q^T X - A^T p$$

при граничных условиях

$$p(t_1) = -F^T X(t_1).$$

С учётом структуры матриц A, B, F, Q, K, вектор сопряжённых переменных p также состоит из n подвекторов, для компонентов каждого из которых методом математической индукции получено аналитическое решение:

$$p_l(t) = \sum_{k=1}^{l} \left[(-1)^k \sum_{j=1}^{N+1} q_{j,(l+1-k)} \times \right.$$

$$\times \sum_{i=j-1}^{N} a_i t^{i-j+1+k} \frac{(i-j+1)!}{i! \prod_{p=1}^{k}(i-j+1+p)}\Bigg] + \\ + \sum_{k=1}^{l} (-1)^k C_k t^{l-k} \frac{1}{(l-k)!},$$

$$C_l = -\sum_{j=1}^{N+1} f_{jl} \sum_{i=j-1}^{N} a_i t_1^{i-j+1} \frac{(i-j+1)!}{i!} + \\ + \sum_{k=1}^{l} \Bigg[(-1)^{k+1} \sum_{j=1}^{N+1} q_{j,(l+1-k)} \times \\ \times \sum_{i=j-1}^{N} a_i t_1^{i-j+1+k} \frac{(i-j+1)!}{i! \prod_{p=1}^{k}(i-j+1+p)} \Bigg] + \\ + \sum_{k=1}^{l-1} (-1)^{k+1} C_k t_1^{l-k} \frac{1}{k!}$$

для $l = \overline{2,N+1}$,

$$p_1(t) = \sum_{j=1}^{N+1} q_{j1} \sum_{i=j-1}^{N} a_i t^{i-j+1} \frac{(i-j+1)!}{i(i-j+2)} + C_1,$$

$$C_1 = -\sum_{j=1}^{N+1} f_{j1} \sum_{i=j-1}^{N} a_i t_1^{i-j+1} \frac{(i-j+1)!}{i!} + \\ + \sum_{j=1}^{N+1} q_{j1} \sum_{i=j-1}^{N} a_i t_1^{i-j+2} \frac{(i-j+1)!}{i!\,(i-j+2)}.$$

Таким образом, управляющие воздействия для подачи на каждый из входов объекта регулирования может быть получены с помощью базовых арифметических операций, что допускает реализацию данного способа регулирования в виде прикладной программы для обработки данных в автоматизированных системах с программируемыми контроллерами [5].

Список литературы

1. Комиссарчик, В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: Учебное пособие (Издание второе, расширенное) / В.Ф. Комиссарчик; Тверской государственный технический университет, – Тверь, 2001, – 248 с.

2. Баранов, Н. Е. Построение автоматизированных систем управления производством с использованием методов адаптивного управления / Н. Е. Баранов, А. Н. Феофанов // Вестник МГТУ «Станкин». – 2022. – № 3(62). – С. 22-25.

3. Баранов, Н. Е. Алгоритм синтеза адаптивных АСУ сложными многомерными системами с использованием полиномиальной прогнозирующей модели переменного порядка / Н. Е. Баранов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. – 2025. – № 1. – С. 89-94.

4. Феофанов, А. Н. Интернет вещей: проблемы и направления развития / А. Н. Феофанов, Н. Е. Баранов // Цифровая экономика: оборудование, управление, человеческий капитал: материалы всероссийской научно-практической конференции, Вологда, 25 декабря 2018 года. – Вологда: ООО «Маркер», 2018. – С. 100-102.

5. ГОСТ Р МЭК 61131-1-2016. Контроллеры программируемые. Часть 1 Общая информация = Programmable controllers. Part 1. General information: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федераль-

ного агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 мая 2016 г. N 314-ст: введен впервые: дата введения 2017-04-01 / подготовлен Негосударственным образовательным частным учреждением «Новая Инженерная Школа» (НОЧУ «НИШ») на основе перевода на русский язык англоязычной версии указанного в пункте 4 стандарта, который выполнен Российской комиссией экспертов МЭК/ТК 65, и Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научноисследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении» («ВНИИНМАШ»). – М. Стандартинформ, 2016. – IV, 12 с.

Лагута В.С.
к.т.н., доцент кафедры «Компьютерные системы автоматизации производства»,
МГТУ им. Н.Э.Баумана,
Россия, Москва
laguta@bmstu.ru
Власов В.В.
студент,
МГТУ им. Н.Э.Баумана,
Россия, Москва
vlas400500@yandex.ru

ГИБКИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МОДУЛЬ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос автоматизации контрольных операций для проекта компьютерно интегрированного производства титановых шар-баллонов с использованием метода неразрушающего контроля. Предложено использовать метод ультразвукового контроля. В статье представлено техническое решение роботизированного модуля контрольных операций в составе двух промышленных роботов. Первый осуществляет загрузку-выгрузку и манипулирование деталями в зоне установки ультразвукового контроля. Второй осуществляет перемещение измерительной головки по поверхности контролируемого изделия в соответствии с заданной программой. Система управления модуля автоматически принимает решение о годности изделия и осуществляет их раздельное размещение. Приведена компоновочная схема модуля и циклограмма работы оборудования в процессе функционирования. Роботизированный модуль предполагает возможность проведения контрольных операций различной номенклатуры изделий.

Ключевые слова: роботизированный модуль контрольных операций, ультразвуковой метод контроля.

Laguta V.S.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department
«Computer-based production automation systems»
Bauman Moscow State Technical University
Russia, Moscow
laguta@bmstu.ru
Vlasov V.V.
Student
Bauman Moscow State Technical University
Russia, Moscow
vlas400500@yandex.ru

FLEXIBLE PRODUCTION MODULE FOR PERFORMING CONTROL OPERATIONS OF MECHANICAL ENGINEERING PARTS

Abstact. The article considers the issue of automation of control operations for the project of computer-integrated production of titanium balloon cylinders using the method of nondestructive testing. It is proposed to use the ultrasound control method. The article presents a technical solution for a robotic control operations module consisting of two industrial robots. The first one performs loading and unloading and manipulation of parts in the ultrasonic monitoring installation area. The second one moves the measuring head along the surface of the controlled product in accordance with a preset program. The module's control system automatically decides on the shelf life of the product and places them separately. The layout diagram of the module and the cyclogram of the equipment operation during operation are given. The robotic module assumes the possibility of performing control operations of various product ranges.
Keywords: robotic control operations module, ultrasonic control method.

В настоящее время процессы внедрения цифровых и роботизированных технологий в промышленности, прежде всего в процессы интеграции различного автоматизированного оборудования в компьютерноинтегрированные производства, получают «второе дыхание» и воплощают ранние теоретические разработки [1]. Развитие техники позволяет сделать следующие «шаги» в автоматизации более сложных организационных процессов в машиностроении таких как выполнение контрольных и сборочных операций.

В машиностроении неразрушающий контроль (НК) качества и надежности заготовок и готовых изделий осуществляется с помощью методов, не нарушающих их целостность и эксплуатационные характеристики. Неразрушающий контроль в зависимости от физического явления, положенного в его основу, подразделяют на следующие виды:

1. Оптический (ГОСТ Р 58399-2019, ГОСТ Р 70652-2023) – метод визуального и измерительного контроля, в том числе с применением систем технического зрения (**ВИК**);
2. Акустический (ГОСТ Р 58399-2019, ГОСТ Р 70652-2023) – метод ультразвукового контроль (**УЗК**);
3. Радиационный (ГОСТ 20426-82) – метод радиографического контроля – **РК**;
4. Вихретоковый (ГОСТ Р ИСО 15549-2009) – **ВК**;
5. Проникающими веществами (ГОСТ Р ИСО 3452-1-2011) – капилярный метод (**ПВК**);
6. Магнитный (ГОСТ Р 55612-2013) – **МК**;
7. Электрический (ГОСТ 25315-82);
8. Радиоволновой (ГОСТ 23480-79);
9. Тепловой (ГОСТ Р 53698-2009, ГОСТ Р 56511-2015).

Примеры практического применения различных методов контроля с использованием промышленных роботов приведены в [2].

В каждом конкретном случае необходим предварительный анализ возможностей применения. У каждого вида НК существуют методы, которые подразделяются по характеру взаимодействия физических полей или веществ с объектом контроля (ОК), первичным информативным параметрам, способам получения первичной информации.

По итогам проведенного сравнительного анализа был выбран **метод ультразвукового контроля (УЗК) с фазированной решеткой (ФР) –** современный тренд в области дефектоскопии из-за функционала оборудования, гибкости оборудования и простоты процесса контроля. Использование УЗК ФР дает возможность проверять на наличие дефектов и определять их размеры на обеих сторонах поверхности, контактируя только с одной, за счет распространения ультразвуковой волны в материале и отражения от донной поверхности (рис. 1). Схема осуществления контроля дефектов шар-баллона приведена на рис. 2.

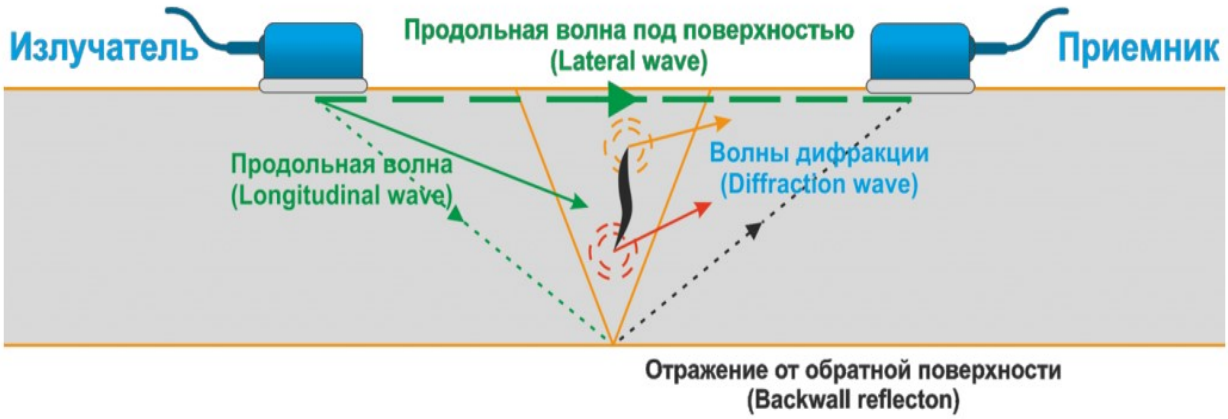


Рис. 1. Физическая сущность дифракционно-временного метода (TOFD)

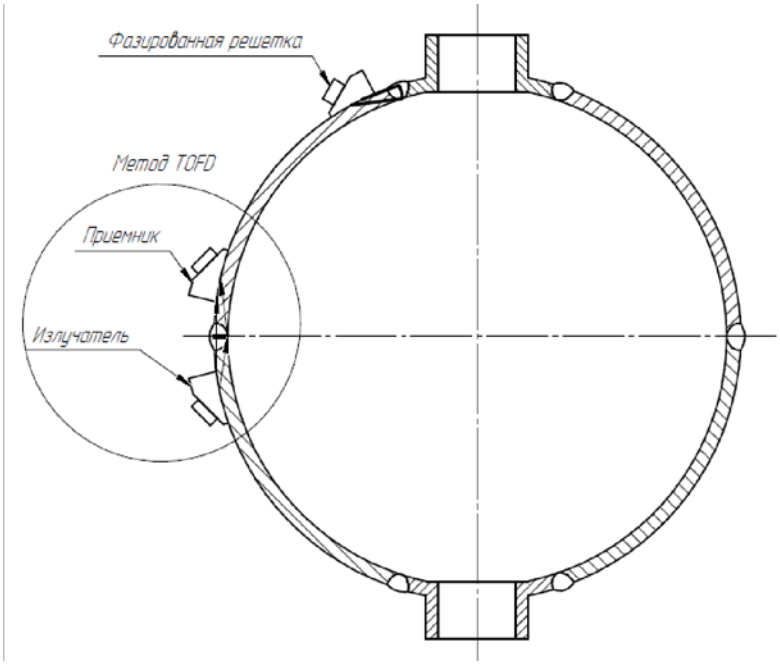


Рис. 2. Схема контроля сварных швов готового шар-баллона

Концептуальное решение. Разрабатываемый роботизированный ГПМ контрольных операций должен войти в состав КИП шар-баллонов [3] который обеспечивает мелко- и среднесерийное производство титановых шарбаллонов, начиная с приема листовых титановых заготовок и заканчивая выпуском готовых шар-баллонов заданной номенклатуры. В соответствии с основными требования разрабатываемого аванпроекта производства ГПМ контрольных операций обеспечивает:

1. Получение полуфабрикатов (заготовок) – 3 (три) типоразмера шарбаллонов;
2. Загрузка заготовки в зону контроля;
3. Автоматизированный контроль заготовок трех видов:
   – Сканирование ультразвуковым датчиком;
   – Вращение заготовок с заданной скоростью;
4. Принятие решения о годности (не годности, то есть брака) на основе критериев, принятых по эталонной детали;
5. Выгрузка заготовки из зоны контроля для перемещения на выделенные позиции – в зону бракованных деталей, на доработку, на следующую производственную операцию.

Компоновочное решение модуля роботизированного контроля представлено на рис. 3, циклограмма работы оборудования представлена на рис.4.

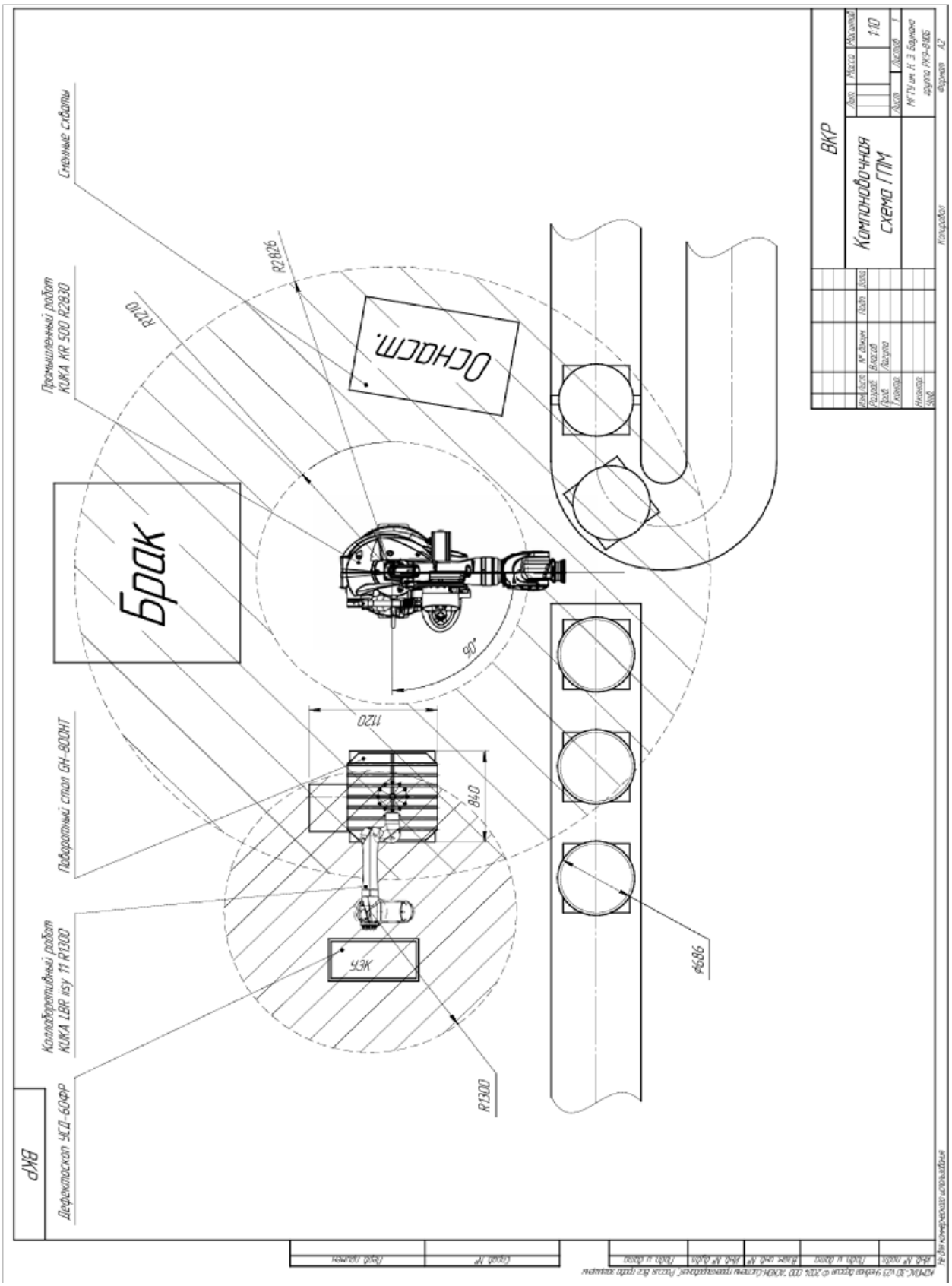


Рис. 3. Компоновка роботизированного модуля контрольных операций

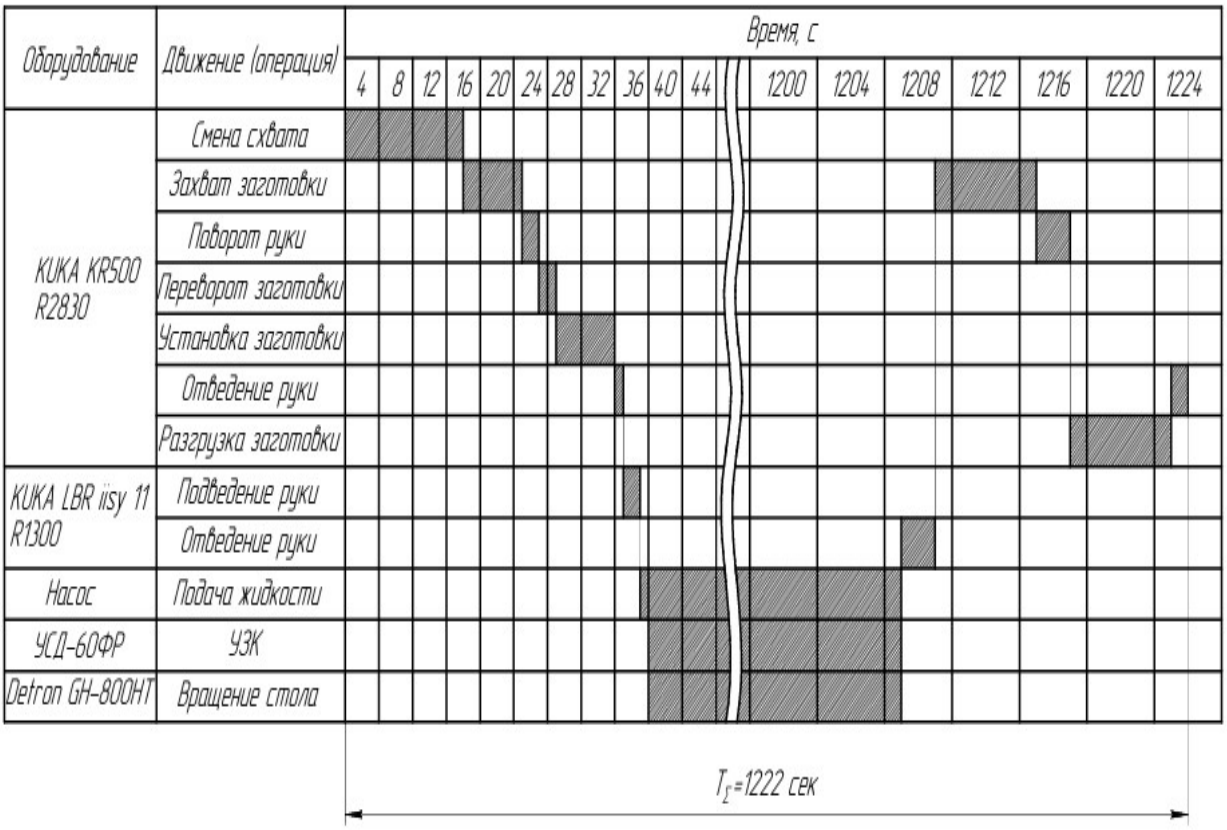


Рис. 4. Циклограмма работы оборудования (контроль полусферы)

Внедрение методов роботизированного контроля в машиностроении является одним из перспективных направлений повышения качества выпускаемых изделий и повышения эффективности производства. Особенно важно это для производств, ориентированных на выпуск продукции, связанной с повышенным риском в эксплуатации и/или безопасностью человеко-машинных систем.

Список литературы

1. Горнев В.Ф. Проблемы и технология комплексной автоматизации // Автоматизация и проектирование. 1999. №1. – С. 34–38.

2. Власов В.В., Лагута, В.С. Опыт роботизации контрольных операций деталей машиностроения // Комплексная автоматизация проектирования и производства (КАПП-2024). Материалы конференции. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025. – (в печати).

3. Изготовление шар-баллонов для космических аппаратов: битва технологий [сайт]. – 2023. URL: https://dzen.ru/a/ZYU0VOs1ch7LN54i (дата обращения: 25.04.2025 г.)

У Цюе
стажер,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
gg1253366@gmail.com
Рачков М.Ю.
д.т.н., профессор кафедры «Автоматика и управление»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
michyur@gmail.com
Архипов М.В.
к.т.н., доцент кафедры «Автоматика и управление»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
maksim_av@mail.ru

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОДОЛЕНИЕМ ПРЕПЯТСТВИЙ ДЛЯ ТРАНСФОРМИРУЕМОГО РОБОТА НА ОСНОВЕ PID-РЕГУЛИРОВАНИЯ

Аннотация. В статье представлена система управления преодолением препятствий для мобильного трансформируемого робота, основанная на PIDрегулировании. Система организует согласованное движение передних и задних колес по информации с датчиков для реконфигурации конструкции. Робот способен самостоятельно обнаруживать препятствия, корректировать высоту подъема платформы и обеспечивать управление передней и задней частями робота для преодоления препятствий.

Ключевые слова: трансформируемый робот, PID-регулирование, обратная связь, преодоление препятствий, энкодер, ультразвуковой датчик, автономное управление.

Wu Que
Intern
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow gg1253366@gmail.com
Rachkov M.Yu.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Automation and Control
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
michyur@gmail.com
Arkhipov M.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Automation and Control
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow maksim_av@mail.ru

OBSTACLE CROSSING CONTROL SYSTEM FOR A TRANSFORMABLE ROBOT BASED ON PID CONTROL

Abstact. The article presents an obstacle avoidance control system for a mobile transformable robot based on PID control. The system organizes coordinated movement of the front and rear wheels based on sensor information to reconfigure the structure. The robot is able to independently detect obstacles, adjust the platform height, and provide control of the front and rear parts of the robot to overcome obstacles.

Keywords: transformable robot, PID control, feedback, obstacle overcoming, encoder, ultrasonic sensor, autonomous control.

При решения различных задач в условиях чрезвычайных ситуаций целесообразно применять мобильные автономные роботы [1-3]. В частности, может использоваться трансформируемый робот, который содержит колесный блок на рычажном механизме, гусеничный блок и платформу [4]. Перемещение колес и гусеничного блока относительно друг друга позволяет выполнить реконфигурацию робота для преодоления препятствий. На платформе может размещаться бортовой манипулятор для выполнения технологических операций, таких как разбор завалов или разминирование [5-8].

Основные аппаратные компоненты системы управления

Действующая модель трансформируемого робота представлена на рисунке 1.

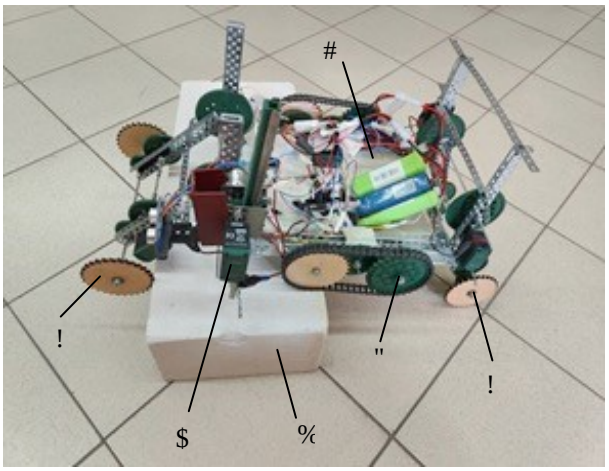


Рис. 1. Модель трансформируемого робота:
1 – колесный блок на рычажном механизме, 2 – гусеничный блок,
3 – платформа, 4 – ультразвуковой датчик, 5 – препятствие

Реализация системы управления включает следующие основные компоненты:

1. Двигатели VEX 393: используются для управления передним и задним подъемниками и колесами.

2. Контроллеры Motor Controller 29: управляют скоростью и направлением вращения двигателей VEX 393.

3. Оптические энкодеры VEX Optical Shaft Encoder (276-2156): устанавливаются на переднем и заднем подъемниках для мониторинга высоты подъема.

4. Ультразвуковой датчик HC-SR04: используется для измерения высоты препятствия и определения необходимой высоты подъема передних колес. 5. Arduino Mega 2560: является основным контроллером, который обрабатывает данные с датчиков, выполняет PID-регулирование и управление двигателями.

Во время движения ультразвуковой датчик на роботе измеряет высоту препятствия и вычисляет необходимую высоту подъема передних колес, которая преобразуется в количество импульсов от энкодера. Затем, используя PID-регулирование, система управляет скоростью и величиной подъема колес, обеспечивая точное достижение заданной высоты, используя данные с энкодеров.

Управляющий алгоритм движения робота

В системе управления используется классический метод пропорционально-интегрально-дифференциального регулирования. Закон управления PID-регулирования:

$$\text{Выход} = k_P \times \text{Ошибка} + k_i \times \text{Интеграл ошибки} + k_d \times \text{Производная ошибки},$$

где k_P – коэффициент пропорциональности; k_i –коэффициент интегрирования; k_d – коэффициент дифференцирования.

Ошибкой в данном случае является разница между текущим значением высоты колес и целевой высотой препятствия. Параметры для текущей настройки: k_P =2,5, k_i =0,05, k_d =1,2. Эти параметры показали наилучшие результаты с точностью до 2 мм при достижении целевой высоты подъема.

Для обеспечения синхронного подъема переднего и заднего подъемников, а также для устранения задержки в движении заднего подъемника, была введена коррекция отклонений. Если передний подъемник достиг целевой высоты, но задний подъемник еще не опустился до соответствующего уровня, система принудительно заставляет задний подъемник продолжать движение до тех пор, пока разница в высоте между передним и задним подъемниками не станет приемлемой. Когда передний подъемник достиг целевой высоты, но разница в высоте с задним подъемником превышает допустимую норму, в данном случае в 5 импульсов энкодера, то система принудительно заставляет задний подъемник продолжать опускаться.

В процессе преодоления препятствия система управления использует механизм обратной связи, который помогает определить, успешно ли робот преодолел препятствие. Обратная связь основана на данных с энкодеров и на информации о скорости вращения колес. Если система обнаруживает, что робот не может преодолеть препятствие, когда, например, колеса теряют контакт с поверхностью, она активирует повторную попытку преодоления или корректирует высоту подъема для достижения необходимого положения.

Алгоритм движения робота с преодолением препятствия показан на рисунке 2.



Рис. 2. Алгоритм движения с преодолением препятствия

Ниже приведена программа PID-регулирования, механизма корректировки отклонений и обратной связи:

```
void loop() {
  float height = 60.0; // Высота препятствия, измеренная ультразвуковым датчиком
  targetPulse = height / mmPerPulse;
  // Главный цикл подъема
  while (true) {
    long pF = encoderCountFront;
    long pR = encoderCountRear;
    int outFront = PID(pF, targetPulse, errorSumF, lastErrorF);
    int outRear  = PID(pR, targetPulse, errorSumR, lastErrorR);
    // Логика корректировки отклонений
    if (pF >= targetPulse && abs(pR – targetPulse) > TOLERANCE) {
  // Передний подъемник достиг цели, но задний подъемник не успел опуститься
      outFront = 0;
      outRear  = 150;
    } else if (pF >= targetPulse && pR >= targetPulse) {
      break;
       analogWrite(motorFrontLift, constrain(outFront, 0, 230));
    analogWrite(motorRearLift, constrain(outRear, 0, 230));
    delay(50);
  stopLiftMotors();
  // Этап преодоления препятствия + обратная связь
  while (tryCount < MAX_TRY) {
    long preFront = encoderCountFront;
    long preRear  = encoderCountRear;
    analogWrite(motorFrontWheel, 230);
    analogWrite(motorRearWheel, 230);
    delay(1000); // Время движения
    stopWheels();
    delay(200);
    // Чтение изменения движения во время преодоления препятствия
    long deltaF = abs(encoderCountFront – preFront);
    long deltaR = abs(encoderCountRear – preRear);
    if (deltaF < 2 && deltaR < 2) {
      // Преодоление не удалось, пробуем снова
      tryCount++;
      liftAgain(20); // Поднимем на 20 мм и попробуем еще раз
    } else {
      break; // Преодоление выполнено успешно
  // Возвращение в исходное положение
  returnToInitial();
```

Данная программа позволяет реализовать алгоритм управления роботом при преодолении препятствий.

Предложенная система управления, основанная на PID-регулировании, позволяет роботу стабильно преодолевать препятствия по ходу своего движения. Используя данные с энкодеров и ультразвуковых датчиков, система автоматически регулирует высоту подъема и синхронизирует движение колес для успешного преодоления препятствий. В реальных условиях эта система может динамически адаптироваться к различным условиям, что значительно увеличивает автономность и гибкость робота.

Список литературы

1. Рачков М. Ю. Технические средства автоматизации, 2-е изд., Москва, Юрайт, 2025. – 182 с.

2. Lee C., Kim S., Kang S., et al. Double-track mobile robot for hazardous environment applications. Advanced Robotics, 2003. № 17(5). – pp. 447-459.

3. Zhiqing L., Shugen M., Bin L. Development of a transformable wheeltrack robot with self-adaptive ability. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2011. № 47(5). – pp. 1-10.

4. У Цюе, Рачков М.Ю. Расчет и оптимизация работы механизма реконфигурации колесно-гусеничного мобильного робота. Мехатроника, автоматизация, управление. 2022. № 23(4). – С. 209-215.

5. Rachkov M., Marques L., de Almeida A. T., Automation of demining, University of Coimbra, Portugal, 2002. – 281 p.

6. Wang W. Study on tracked mobile robot with manipulator in complex terrain. Harbin Institule of Technology, 2009.

7. Yunwang L., Shirong G., Hua Z. Obstacle-surmounting mechanism and capability of four-track robot with two swing arms. Robot, 2010. № 32(2), – pp. 157165.

8. Wang J., Wang T., Yao C. A novel control law for constrained manipulation with its usage in the explosives ordnance disposal robot. Chinese Science Bulletin, 2013. № 58(Suppl.II), – pp. 91-96.

У Цюе
стажер,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
gg1253366@gmail.com
Рачков М.Ю.
д.т.н., профессор кафедры «Автоматика и управление»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
michyur@gmail.com
Архипов М.В.
к.т.н., доцент кафедры «Автоматика и управление»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
maksim_av@mail.ru

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ ТРАНСФОРМИРУЕМЫМ РОБОТОМ НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO

Аннотация. Разработана система для автономного обнаружения и преодоления препятствий на базе платформы Arduino Mega 2560 для мобильного трансформируемого робота. Система использует технологию ультразвукового измерения расстояния и обратную связь с энкодерами, обеспечивая динамическое взаимодействие нескольких исполнительных механизмов. В статье приведены методы вычисления ключевых функций системы, основанные на конкретной реализации аппаратных компонентов.

Ключевые слова: мобильный трансформируемый робот, преодоление препятствий, ультразвуковой датчик, энкодер, Arduino Mega 2560.

Wu Que
Intern
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow gg1253366@gmail.com
Rachkov M.Yu.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Automation and Control
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
michyur@gmail.com
Arkhipov M.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Automation and Control
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow maksim_av@mail.ru

CONTROL SYSTEM OF A MOBILE TRANSFORMABLE ROBOT BASED ON THE ARDUINO PLATFORM

Abstact. A system for autonomous detection and overcoming of obstacles based on the Arduino Mega 2560 platform for a mobile transformable robot has been developed. The system uses ultrasonic distance measurement technology and feedback with encoders, providing dynamic interaction of several actuators. The article presents methods for calculating key functions of the system based on a specific implementation of hardware components.

Keywords: mobile transformable robot, obstacle overcoming, ultrasonic sensor, encoder, Arduino Mega 2560.

Платформа Arduino представляет собой набор аппаратно-программных средств построения систем в области электроники, автоматики, и робототехники [1, 2]. Ее программная часть состоит из программной оболочки (IDE) для написания программ, их компиляции и программирования аппаратуры. Аппаратная часть представляет собой набор смонтированных печатных плат. Достоинствами этой платформы является полностью открытая архитектура, которая позволяет свободно копировать и дополнять платформу Arduino. Платформа используется как для создания автономных объектов, так и подключения к программному обеспечению через проводные и беспроводные интерфейсы [3-5].

Система управления роботом

Макет мобильного трансформируемого робота представлен на рисунке.

Перемещение колесных и гусеничного блоков относительно друг друга позволяет выполнить реконфигурацию робота для преодоления препятствий [2]. На передней части робота установлен ультразвуковой датчик HC-SR04, который сканирует расстояние до препятствия и определяет его высоту. Формула измерения расстояния ультразвуковым датчиком:

$$d=v\times t/2,$$

где d – расстояние до препятствия (м); v – скорость звука (340 м/с); t – время возврата импульса (с).

Для того чтобы вычислить высоту препятствия h, необходимо учитывать начальную высоту ультразвукового датчика. Математическая модель вычисления высоты препятствия выглядит следующим образом:

$$h = h_{start} + \Delta h,$$

где h_{start} – начальная высота ультразвукового датчика над землей, Δh – высота, на которую поднимается ультразвуковой датчик до потери сигнала.

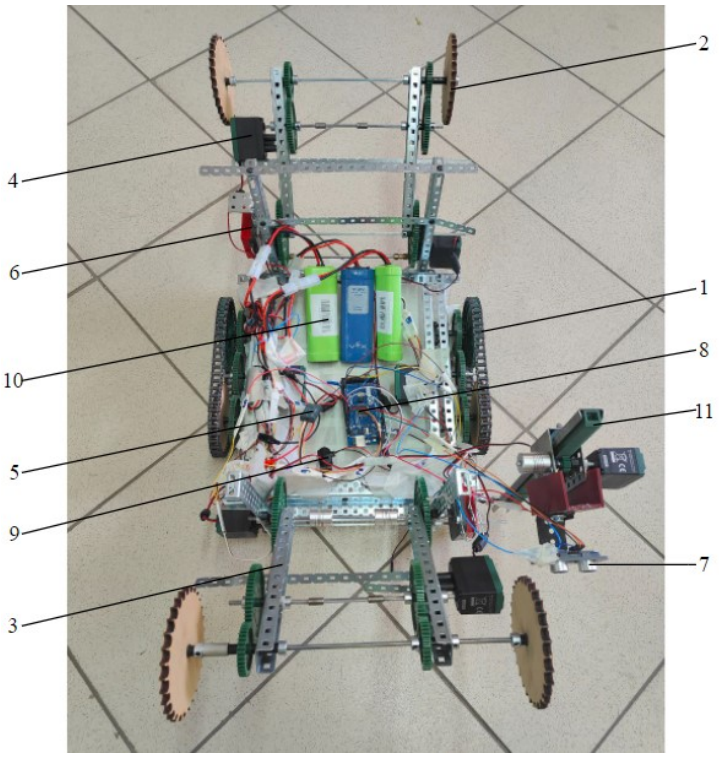


Рис. Макет мобильного трансформируемого робота:
1 – гусеничный блоке, 2 – колесный блок, 3 – подъемные рычаги, 4 – двигатели VEX 393,
5 – контроллеры Motor Controller 29, 6 – оптические энкодеры VEX Optical Shaft Encoder,
7 – ультразвуковой датчик HC-SR04, 8 – Arduino Mega 2560, 9 – батарея Arduino,
10 – аккумуляторы двигателей, 11 – направляющие ультразвукового датчика

По программе ультразвуковой датчик измеряет расстояние d до препятствия по ходу движения и, когда препятствие попадает в оптимальный диапазон от 50 мм до 300 мм, вычисляется точная высота препятствия путем пошагового подъема датчика из фиксированного начального положения до верхнего края препятствия, что соответствует потери отраженного сигнала [3].

На передней и задней подъемных стойках установлены оптические энкодеры VEX 276-2156, которые отслеживают вертикальное перемещение датчика. Энкодеры генерируют импульсы n, каждый из которых соответствует одному зубцу на колесе энкодера.

На один оборот приходится 90 зубцов, расстояние между зубцами составляет 0,1 мм.

Таким образом, каждый импульс соответствует перемещению на:

$$l_{per\ pulse} = 0{,}1\text{мм}.$$

Общее перемещение L определяется как:

$$L = n \times l_{per\ pulse},$$

где n – количество импульсов, которое может быть положительным или отрицательным в зависимости от направления вращения.

Целевая высота подъема определяется формулой:

$$L_{target} = h + m,$$

где h – высота препятствия, измеренная ультразвуковым датчиком; m – резервирование по высоте (10 мм). В программе целевая высота подъема устанавливается как:

frontTargetHeight = obstacleHeight + 10.0;

rearTargetHeight = frontTargetHeight.

Это обеспечивает подъем стоек на высоту, превышающую высоту препятствия, чтобы иметь запас по высоте расположения колес в начале преодоления препятствия. На практике программа обновляет вывод каждые 20 мс, динамически регулируя PWM-выходы для достижения точного контроля высоты. После того как препятствие обнаружено и стойки подняты, робот выполняет следующие действия:

1. Гусеницы продолжают движение, обеспечивая общую тягу.

2. Передние колеса помогают поднять платформу робота на препятствие.

3. Задние колеса помогают подтолкнуть платформу робота на препятствие для его преодоления.

Для обеспечения согласованности работы все двигатели настроены на одинаковую мощность. После преодоления препятствия двигатели осуществляют обратный ход, и с помощью обратной связи от энкодеров все механизмы возвращаются в исходное положение до следующего цикла.

Предложенная система реализует полный замкнутый цикл управления для автономного обнаружения и преодоления препятствий роботом. Дальнейшая разработка системы предполагает адаптацию к более сложным препятствиям и поверхностям перемещения. Это может быть достигнуто путем добавления дополнительных датчиков в виде оптических камер и инерциальных измерительных блоков, а также прогнозирование движений с использованием машинного обучения.

Список литературы

1. R. Grimmett, Arduino Robotic Projects, Packt Publishing Ltd. 2014. – 244 p.

2. Xing Chaojun, Ran Longjiao, Zhong Bin, et al. Production of intelligent mobile robot based on Arduino. Modern Information Technology, 2024. № 8(17). – pp：165-168.

3. Zhao Li. Research on the development and design of robot course projects based on Arduino platform. Minzu University of China, 2017.

4. Cheng Chen. Arduino Development Practical Guide. Machinery Industry Press, 2012.

5. Hastie J., Jacobs B., Martell C., et al. Development of a new for the FosterMiller Talon Robot, MIMEU701-702. Technical Design Report. 2005.

6. У Цюе, Рачков М.Ю. Расчет и оптимизация работы механизма реконфигурации колесно-гусеничного мобильного робота. Мехатроника, автоматизация, управление. 2022. № 23(4). – С. 209-215.

7. Рачков М.Ю., У Цюе, Ультразвуковая локационная система мобильного реконфигурируемого робота, // Труды ФГУП «НПЦАП». Системы и приборы управления. 2024. № 4. – С. 23-32.

Феофанов А.Н.
д.т.н., профессор кафедры «Инженерная графика»,
МГТУ «СТАНКИН»,
Россия, Москва
feofanov.fan1@yandex.ru
Шпандарук В.А.
аспирант,
Россия, Москва
vlad.shpandaruk@yandex.ru

ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ О ТРУДОЕМКОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ ИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ В MES-СИСТЕМУ

Аннотация. В данной статье рассматриваются аспекты интеграции данных о трудоемкости изготовления деталей из автоматизированной системы расчета в MES (Manufacturing Execution System). Основной акцент сделан на преимуществах использования технологий передачи данных, таких как RESTful API, SOAP и OData, для улучшения точности планирования и управления производственными процессами. Интеграция данных позволяет снизить

количество ошибок, автоматизировать диспетчеризацию, оптимизировать загрузку оборудования и более эффективно управлять производственными ресурсами. В статье подчеркивается важность таких решений для цифровой трансформации предприятий и повышения их конкурентоспособности, а также преимущества интеграции данных в MES-систему.

Ключевые слова: трудоемкость, MES-система, RESTful API, SOAP, OData, автоматизация, производственные процессы.

Feofanov A.N.
Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Engineering Graphics
MSTU «STANKIN»
Russia, Moscow
feofanov.fan1@yandex.ru
Shpandaruk V.A.
Postgraduate Student
MSTU «STANKIN»
Russia, Moscow
vlad.shpandaruk@yandex.ru

INTEGRATION OF DATA ON THE COMPLEXITY OF MANUFACTURING A PART FROM AN AUTOMATED SYSTEM INTO A MES SYSTEM

Abstact. This article discusses aspects of integrating data on the complexity of manufacturing parts from an automated calculation system into the MES (Manufacturing Execution System). The main focus is on the benefits of using data transfer technologies such as RESTful API, SOAP and OData to improve the accuracy of planning and management of production processes. Data integration allows you to reduce errors, automate dispatching, optimize equipment utilization, and manage production resources more efficiently. The article highlights the importance of such solutions for the digital transformation of enterprises and increasing their competitiveness, as well as the advantages of integrating data into the MES system.

Keywords: labor intensity, MES-system, RESTful API, SOAP, OData, automation, production processes.

В настоящее время мировая тенденция развития промышленных предприятий в быстроменяющимся мире основывается на «скорости», начиная от скорости принятия решения и заканчивая скоростью выполнения типовой операции [1]. Современные предприятия сталкиваются с необходимостью более точного планирования производственных процессов в условиях постоянного роста конкуренции и изменений в спросе. Важнейшей задачей является точное определение трудоемкости изготовления деталей, поскольку это напрямую влияет на управление ресурсами, соблюдение сроков и себестоимость продукции. С развитием цифровых технологий автоматизация расчетов трудоемкости становится неотъемлемой частью эффективного производства. Одним из основных инструментов, обеспечивающих автоматизацию и повышение точности производственных процессов, являются MES-системы (Manufacturing Execution System), которые играют ключевую роль в мониторинге и управлении производством в реальном времени [2].

Цели интеграции. Основная цель интеграции данных о трудоемкости изготовления деталей в MES-систему заключается в улучшении управляемости производственными процессами, оптимизации использования оборудования и снижении затрат. Более того, интеграция позволяет сократить количество ручных операций и тем самым уменьшить риски, связанные с человеческим фактором [3].

Другие цели интеграции:

Оптимизация времени производства: Благодаря передаче точных данных о трудоемкости, производство может быстро оценить временные затраты на изготовление продукции.

Повышение конкурентоспособности: Интеграция позволяет быстрее реагировать на изменения рынка и повышает гибкость предприятия в плане оперативного управления заказами.

Улучшение взаимодействия между системами: Интеграция данных между автоматизированной системой расчетов и MES позволяет создать единую цифровую среду, способствующую автоматизации процессов принятия решений [4].

Технологические аспекты интеграции. Современные предприятия внедряют различные методы передачи данных между системами, ориентируясь на специфику своей производственной среды. Рассмотрим основные технологии передачи данных, используемые для интеграции автоматизированных систем управления производством с MES.

1. RESTful (Representational State Transfer) API (Application Programming Interface) – это архитектурный стиль взаимодействия компонентов распределённой системы, который используют для передачи данных между сервером и клиентом. Данный стиль стал наиболее популярным выбором для интеграции между системами, такими как MES и ERP, из-за своей простоты, скорости в реализации комплексного клиент-серверного решения, высокой масштабируемости системы и гибкости в работе с форматами данных, как JSON и XML. REST API особенно полезен для интеграций, где важна скорость, лёгкость настройки и работа в реальном времени [5].

Обычно применяется для передачи информации о производственных заказах, состоянии оборудования, графике загрузки, и данных для мониторинга в реальном времени.

2. SOAP (Simple Object Access Protocol) – это протокол более формализован и сложен в настройке, но его ключевое преимущество – высокая степень безопасности и надежность передачи данных. SOAP используется там, где важны сложные транзакции и требуется защита данных, что особенно актуально для крупных производственных предприятий с высокими требованиями к безопасности. SOAP обеспечивает поддержку сложных сценариев передачи данных и масштабирования в крупных производственных сетях [6].

3. OData (Open Data Protocol) – это открытый веб-протокол для запроса и обновления данных. Применяется реже, но может использоваться в тех случаях, когда речь идет о работе с большими объёмами данных или при интеграции с системами, поддерживающими OData, такими как Microsoft Dynamics или SAP [7].

Таким образом для интеграции АСУП с MES системами чаще всего используется RESTful API благодаря его простоте и поддержке современных технологий. SOAP выбирают, если нужна высокая степень безопасности и сложные транзакции. OData применяется при наличии необходимости работы с большими объёмами данных и в системах, поддерживающих этот протокол. **Преимущества интеграции данных о трудоемкости в MES-системах.** Интеграция данных о трудоемкости в MES-системах открывает для предприятий целый ряд преимуществ, так как трудоемкость является одним из важнейших параметров, который напрямую влияет на ценообразование, заработную плату рабочих и является основным для планирования производства [8].

- Снижение ошибок: Исключение ручного ввода данных снижает вероятность ошибок и обеспечивает точность расчетов.

- Повышение оперативности: Данные о трудоемкости могут обновляться в реальном времени, что ускоряет принятие решений на уровне управления производством.

- Оптимизация использования ресурсов: Благодаря интеграции можно быстро пересчитать планы загрузки оборудования и персонала в случае изменения трудоемкости или других производственных параметров, что позволяет повысить эффективность использования технологического оборудования – ключевого показателя OEE (Overall Equipment Effectiveness) [9].

- Диспетчеризация производства: Данные о трудоемкости помогают распределять заказы по рабочим центрам, контролировать загруженность оборудования и своевременно реагировать на отклонения от планов.

- Управление качеством: В MES-системах данные о трудоемкости позволяют прогнозировать возможные отклонения в процессе производства, что снижает риски брака и повышает качество выпускаемой продукции.

- Контроль за производственными процессами: Данные о трудоемкости помогают MES-системам отслеживать выполнение операций в режиме реального времени, контролировать сроки выполнения заказов и корректировать производственные планы при изменении условий.

- Управление контрактами и заказами: Информация о трудоемкости позволяет более точно определять сроки выполнения заказов, что влияет на заключение контрактов и взаимоотношения с клиентами [10].

Результаты интеграции данных о трудоемкости изготовления деталей из автоматизированной системы в MES показывают, что предприятия, использующие такие решения, получают значительные выгоды в виде сокращения времени на обработку данных, точного прогнозирования сроков выполнения заказов и снижения производственных издержек. Это также способствует улучшению качества выпускаемой продукции и повышению общей производственной эффективности.

Интеграция данных о трудоемкости в MES-системы открывает перед предприятиями множество возможностей для оптимизации производственных процессов, улучшения планирования и управления ресурсами. Современные технологии, такие как RESTful API и SOAP, обеспечивают гибкость и надежность передачи данных, что позволяет повысить конкурентоспособность предприятия и адаптироваться к изменяющимся условиям рынка. Внедрение таких интеграционных решений является важным шагом на пути к цифровой трансформации производства.

Современные предприятия сталкиваются с растущей необходимостью интеграции различных информационных систем для повышения производительности и снижения издержек. Интеграция данных о трудоемкости изготовления деталей из автоматизированной системы в MES систему является важным шагом в направлении автоматизации и цифровизации производства. Это открывает новые возможности для повышения эффективности управления и конкурентоспособности предприятий в условиях современного рынка.

Список литературы

1. Шпандарук, В. А. Повышение качества расчета трудоемкости изготовления корпусной детали на фрезерном станке с ЧПУ по методу определения объема материала, срезаемого инструментом / В. А. Шпандарук // СМИС-2024. Технологии управления качеством: Материалы Международной научно-технической конференции, Москва, 22–24 мая 2024 года. – Москва: Московский Политех, 2024. – С. 267-273. – EDN DBYZQY.

2. Шутиков, М. А. Повышение эффективности выпуска годной продукции путем внедрения в технологический процесс координатноизмерительной машины после ответственной операции с дальнейшей загрузкой в MES-систему / М. А. Шутиков, А. Н. Феофанов, Е. Б. Фролов // Вестник МГТУ «Станкин». – 2021. – № 4(59). – С. 41-43. – EDN UDLIOH.

3. Фролов, Е. Б. Оперативно-календарное планирование и диспетчирование в MES-системах / Е. Б. Фролов, Р. Р. Загидуллин // Станочный парк. – 2008. – № 11(56). – С. 22-27. – EDN SNBWAF.

4. Пономарев, К. С. Цифровой двойник как инструмент цифровой трансформации предприятия / К. С. Пономарев, М. А. Шутиков, А. Н. Феофанов // Вестник МГТУ «Станкин». – 2019. – № 4(51). – С. 19-23. – EDN BMYPOQ.

5. Акинин, Ю. Р. Быстрое создание REST API сервиса на основе облачных технологий AZURE / Ю. Р. Акинин, А. В. Барабанов, Н. И. Гребенникова // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2012. – Т. 8, № 12-1. – С. 66-68. – EDN PJXMHN.

6. Дворяк, Д. А. Сравнение технологий REST и SOAP на основе возможностей создания веб-сервисов / Д. А. Дворяк // Вестник науки. – 2024. – Т. 4, № 1(70). – С. 448-465. – EDN UEYJTE.

7. Ильяшенко, О. Ю. Протокол ODATA как инструмент управления данными / О. Ю. Ильяшенко, В. М. Ильяшенко // Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли: Сборник трудов Всероссийской научно-практической и

учебно-методической конференции. В 4 ч, Санкт-Петербург, 01–04 июня 2021 года. Том Часть 1. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. – С. 420-423. – EDN RMMEEM.

8. Феофанов А.Н., Шпандарук В.А. Повышение оперативности расчета трудоемкости изго-товления корпусной детали на фрезерном станке с ЧПУ по методу определения объема матери-ала, срезаемого инструментом // Вестник МГТУ «Станкин». – 2024. – № 3 (70). – С. 122–131.й аспект. – 2024. – Т. 31, № 3. – С. 3893-3898. – EDN KZPFER.

9. В.А. Шпандарук, Анализ существующих автоматизированных систем расчета трудо-емкости механообрабатывающих операций на ранних стадиях подготовки производства / В. А. Шпандарук // Научный аспект. – 2024. – Т. 31, № 3. – С. 3893-3898. – EDN KZPFER.

10. Митрофанов, В. Г. Управление автоматизированными технологическими системами и моделирование оперативности при принятии решений / В. Г. Митрофанов, Т. Г. Гришина, А. Н. Феофанов // Технология машиностроения. – 2015. – № 8. – С. 43-45. – EDN UNWRKR.

Хитров В.А.
аспирант,
Тихоокеанский государственный университет,
Россия, Хабаровск
Khitrov-2306@yandex.ru

АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАБОЧИХ КОЛЕС НАСОСОВ: ФУНКЦИИ ОПТИМИЗАЦИИ, ЦЕЛЕВЫЕ ФУНКЦИИ И ИХ МЕТОДЫ

Аннотация. В статье рассмотрены и проанализированы принципы построения специализированного программного обеспечения для обработки рабочих колёс насосов, в котором программное обеспечение трактуется в широком инженерном смысле – как комплекс средств управления процессом обработки. Особое внимание уделено функциям оптимизации, обеспечивающим минимизацию времени изготовления, повышение качества поверхности и точности геометрии изделий. Описаны типовые целевые функции оптимизационных задач: минимизация времени обработки, максимизация гидродинамической эффективности изделия, минимизация отклонений формы. Рассмотрены аспекты интеграции технологических процессов с расчётами гидродинамических характеристик, а также методы мониторинга состояния процесса в реальном времени. Статья ориентирована на разработчиков систем автоматизированной обработки сложных профилей и специалистов в области насосостроения

Ключевые слова: рабочее колесо, оптимизация, программное обеспечение, автоматизация.

Khitrov V.A.
Postgraduate Student
Pacific State University
Russia, Khabarovsk
Khitrov-2306@yandex.ru e-mail

SOFTWARE ANALYSIS FOR PROCESSING PUMP IMPELLERS: OPTIMIZATION FUNCTIONS, OBJECTIVE FUNCTIONS AND THEIR METHODS

Abstact. The article considers and analyzes the principles of constructing specialized software for processing pump impellers, in which software is interpreted in a broad engineering sense – as a set of tools for controlling the processing process. Particular attention is paid to optimization functions that minimize manufacturing time, improve surface quality and accuracy of product geometry. Typical target functions of optimization problems are described: minimization of processing time, maximization of the hydrodynamic efficiency of the product, minimization of shape deviations. As-

pects of integrating technological processes with calculations of hydrodynamic characteristics, as well as methods for monitoring the process state in real time are considered. The article is aimed at developers of automated systems for processing complex profiles and specialists in the field of pump engineering

Keywords: impeller, optimization, software, automation.

Разработка программного обеспечения для обработки рабочих колёс насосов представляет собой специфическое направление инженерной автоматизации, находящееся на стыке машиностроения, гидродинамики и теории оптимизации. В отличие от традиционного понимания программного обеспечения как сугубо компьютерного продукта, здесь под программным обеспечением подразумевается комплекс средств, обеспечивающих управление траекториями инструмента, поддержание требуемых допусков и параметров качества, а также оптимизацию обработки для достижения лучших показателей изделия.

Рабочие колёса насосов – ключевые элементы гидромашин, ответственные за преобразование механической энергии в гидравлическую. Их сложная пространственная форма и высокая чувствительность к качеству обработки диктуют особые требования к технологическим процессам. Следовательно, для достижения наилучших эксплуатационных характеристик необходима разработка специализированных программных комплексов, учитывающих не только геометрию обрабатываемой детали, но и особенности течения жидкости, нагрузочные условия и условия эксплуатации изделия в целом.

Целью данной работы является анализ функций оптимизации в таком программном обеспечении, определение соответствующих целевых функций и рассмотрение применяемых методов решения оптимизационных задач.

Одной из важнейших функций такого программного обеспечения является оптимизация режимов резания. Подбор оптимальных скоростей вращения шпинделя, подачи инструмента, глубины резания и траектории перемещения позволяет минимизировать время обработки, износ инструмента и энергозатраты. В данном случае целевая функция может формулироваться как минимизация полного производственного цикла при сохранении или улучшении качества поверхности и точности формы. В зависимости от стоящих задач применяются различные методы оптимизации: градиентные методы, методы стохастического поиска, генетические алгоритмы, алгоритмы роя частиц и другие эвристические подходы.

Целевая функция для оптимизации режимов резания может быть выражена как:

$$\min_{V_f, n, a_p} T = \sum_{i=1}^{N} \frac{Li}{Vf}$$

где T – общее время обработки, N – количество участков обработки, Li – длина траектории инструмента на участке i, Vf – скорость подачи, n – частота вращения шпинделя, ap – глубина резания.

Ограничения: соблюдение предельных значений силы резания, допустимого износа инструмента, качества поверхности.

Следующей ключевой задачей является оптимизация формы лопаток рабочего колеса с точки зрения гидродинамической эффективности. Это требует интеграции расчётных модулей в программное обеспечение, позволяющих моделировать движение жидкости через колесо и оценивать такие параметры, как напор, коэффициент полезного действия и кавитационные характеристики. В этом контексте целевой функцией становится максимизация гидравлической эффективности при минимизации потерь энергии и предотвращении возникновения кавитации. Методы оптимизации здесь часто основаны на многоцелевых подходах, таких как многокритериальная оптимизация на основе Парето-фронта.

$$n_h = \frac{gHQ}{P}$$

где g – ускорение свободного падения, H – напор, создаваемый колесом, Q – подача, P – потребляемая мощность.

Целевая функция:

$$\min_{\text{параметры профиля}} n_h$$

Ограничения: минимизация кавитационных эффектов, обеспечение допустимого уровня вибраций и шумности.

Третьим важнейшим направлением является обеспечение высокой точности обработки, особенно при изготовлении сложных пространственных поверхностей лопаток. В программном обеспечении закладываются функции автоматической коррекции траектории инструмента на основе анализа кинематических ошибок оборудования, компенсации упругих деформаций и теплового расширения. В качестве целевой функции здесь выступает минимизация отклонения реальной геометрии изделия от проектной модели. Методы оптимизации включают применение адаптивных управляющих стратегий, использование моделей машинного обучения для прогнозирования и корректировки возможных ошибок на этапе планирования траектории.

Отклонение обрабатываемой поверхности от проектной модели оценивается по среднеквадратичной ошибке: min траектория инструмента

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{M}\sum_{f-1}^{M}(z_j^{\text{реальное}} - z_j^{\text{номинальное}})^2}$$

где M – количество контрольных точек, zj реальное – координата обработанной поверхности, zj номинальное – координата проектной поверхности.

Построение предсказательной модели отказов:

minP (брак | режимы обработки)

где P – вероятность выхода за пределы допустимых отклонений.

Методы: регрессионный анализ, деревья решений, нейронные сети.

Особое внимание уделяется разработке интеллектуальных систем мониторинга процесса обработки. Такие системы позволяют в реальном времени оценивать состояние инструмента, параметры вибраций, температуру резания и другие критические величины. При превышении допустимых значений программное обеспечение автоматически корректирует режимы обработки или инициирует остановку процесса для предотвращения брака. Оптимизационные задачи здесь формулируются как минимизация вероятности выхода за пределы допустимых параметров при сохранении максимальной производительности. Решения часто строятся на базе нейронных сетей, методов интеллектуального анализа данных и алгоритмов предиктивной аналитики.

Не менее значимым аспектом является создание удобного пользовательского интерфейса, обеспечивающего инженера-конструктора или технолога всем необходимым инструментарием для задания параметров обработки, проведения симуляции процесса и анализа результатов. Здесь важна эргономичность, наглядность визуализации траектории инструмента и гидродинамических характеристик, а также возможность оперативного внесения изменений в проект. Хотя на первый взгляд это может показаться задачей второстепенной, эффективность работы специалистов напрямую зависит от качества интерфейса, а следовательно, это также является предметом оптимизации – минимизация времени и ошибок пользователя при взаимодействии с системой.

Интеграция всех вышеперечисленных функций в единый программный комплекс требует применения современных методов системного проектирования, объектно-ориентированного программирования и модульной архитектуры, обеспечивающей масштабируемость и возможность расширения функционала. Важной задачей является обеспечение совместимости с системами CAD/CAM/CAE, что позволяет минимизировать потери информации на этапах проектирования, моделирования и производства.

Таким образом, разработка программного обеспечения для обработки рабочих колёс насосов представляет собой многогранную задачу, требующую решения широкого круга оптимизационных проблем. Основными целевыми функциями при этом являются минимизация времени

обработки, повышение гидродинамической эффективности, обеспечение высокой точности изготовления и повышение надёжности процесса. Решение поставленных задач осуществляется посредством применения как классических численных методов оптимизации, так и современных методов машинного обучения и искусственного интеллекта. Интеграция всех компонентов в единую систему позволяет значительно повысить эффективность производства насосного оборудования, сократить затраты и улучшить эксплуатационные характеристики изделий.

Список литературы

1. Горанский Г.К. Расчет режимов резания при помощи электронновычислительных машин. Минск: Гос. изд-во БССР, 1963. 191 с.

2. Якобс Г.Ю., Якоб Э., Кохан Д. Оптимизация резания / Пер. с нем. М.: Машиностроение, 1981. 279 с.

3. ISO 10303-1:1994. Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 1: Overview and fundamental principles.

4. ISO 230-1:2012. Test code for machine tools – Part 1: Geometric accuracy of machines operating under no-load or finishing conditions.

Толоконников П.В.
студент,
ИФТИС НИЯУ «МИФИ»,
Россия, Москва
Елагина А.Н.
студент,
ИФТИС НИЯУ «МИФИ»,
Россия, Москва
Бородин К.Ф.
студент,
ИФТИС НИЯУ «МИФИ»,
Россия, Москва
Новиков М.М.
студент,
ИФТИС НИЯУ «МИФИ»,
Россия, Москва
Толстов М.С.
студент,
ИФТИС НИЯУ «МИФИ»,
Россия, Москва
petruha@tolokonnikov.ru

ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ МЕТОД РАЗРАБОТКИ ИНТЕРАКТИВНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация. Современные высшие учебные заведения стремятся внедрять интерактивные методы обучения, чтобы обеспечить студентов практическими навыками работы с реальным производственным оборудованием. Однако высокая стоимость и сложность многих установок затрудняют их использование в образовательных целях. В качестве решения предлагается применение технологий виртуальной реальности.

В связи с этим возникает потребность в стандартизации подходов к разработке технических сред в VR, особенно в части масштабируемости и расширяемости их функционала.

Для реализации такой гибкости используется объектно-ориентированное программирование (ООП), где каждый элемент модели представлен как объект определённого класса, способный взаимодействовать с другими. Это позволяет без изменения существующего кода добавлять новые элементы в систему. В рамках данной работы реализуется интерактивный обучающий комплекс на игровом движке Unreal Engine с применением ООП.

Ключевые слова: виртуальная реальность, цифровой двойник, программирование, интерактивное образование, объектно-ориентированное программирование.

Tolokonnikov P.V.
Student
IFTIS NRNU MEPhI
Russia, Moscow
Elagina A.N.
Student
IFTIS NRNU MEPhI
Russia, Moscow
Borodin K.F.
Student
IFTIS NRNU MEPhI
Russia, Moscow
Novikov M.M.
Student
IFTIS NRNU MEPhI
Russia, Moscow
Tolstov M.S.
Student
IFTIS NRNU MEPhI
Russia, Moscow
petruha@tolokonnikov.ru

OBJECT-ORIENTED METHOD OF DEVELOPING AN INTERACTIVE EDUCATIONAL COMPLEX

Abstact. Modern higher education institutions strive to implement interactive teaching methods to provide Students with practical skills in working with real production equipment. However, the high cost and complexity of many installations make it difficult to use them for educational purposes. The proposed solution is to use virtual reality technologies.

In this regard, there is a need to standardize approaches to the development of technical environments in VR, especially in terms of scalability and extensibility of their functionality. To implement such flexibility, object-oriented programming (OOP) is used, where each element of the model is represented as an object of a certain class that can interact with others. This allows adding new elements to the system without changing the existing code. As part of this work, an interactive training complex is implemented on the Unreal Engine game engine using OOP.

Keywords: VR, digital twin, programming, interactive education, object-oriented programming.

Современные производственные объекты оснащены сложным и специализированным оборудованием, в связи с чем многие высшие учебные заведения вводят в практику использование интерактивных методов обучения, позволяя обучающимся самостоятельно ознакомиться с различными приборами, применяемыми на реальном производстве. Не все заведения располагают возможностью ознакомить студентов с дорогостоящими установками, поэтому становится актуальной технология виртуальной реальности (VR) [1]. Она позволяет безопасно и наглядно изучить взаимодействие с оборудованием, а также моделировать проведение эксперимента.

При разработке какого-либо ПО необходимо следовать определённым рамкам, в целях структурированности и понятности программного кода. Такие правила обычно называют парадигмами, и основополагающей парадигмой при разработке на игровых движках является объектно-ориентированное программирование (далее – ООП).

Объектно-ориентированное программирование (ООП) – это парадигма программирования, основанная на концепции объектов, которые являются экземплярами вручную заданных классов, содержащие данные и методы для работы с этими данными. ООП способствует структурированию программного кода, делая его более понятным, модульным и поддерживаемым. Специфика ООП позволяет создавать гибкие и расширяемые программные системы, чем и обусловлен выбор этой парадигмы при разработке интерактивных систем [2].

В рамках данной работы был создан интерактивный обучающий комплекс с использованием игрового движка Unreal Engine. Все стандартные взаимодействия между объектами и игроком внутри движка уже реализованы через ООП, поэтому исходной задачей было создание дополнительных подклассов функциональных элементов [3]. Экземпляры данных подклассов уже будут представлять из себя реальные предметы, с которыми предстоит взаимодействовать с пользователем (например: кнопка, лампочка, дисплей прибора).

При таком подходе существует важный недостаток в виде потери вычислительной мощности. ООП хоть и делает код простым в понимании, но делает его менее оптимизированным. Поэтому важно создавать наиболее общие подклассы, стремясь объединить несколько функциональных элементов в одну группу. Например: рычаг и вентиль. На оба эти предмета можно воздействовать, меняя их угол поворота, правда направление у этих предметов разное. Не обязательно описывать эти элементы раздельно, создавая специальные подклассы для каждого из них. Для реализации этих предметов был создан один подкласс, который хранит в себе значение собственного поворота вдоль оси, конкретно не определённой в описании класса. При создании экземпляра вентиля или рычага необходимо задать ось, поворот, который функционально важен.

Таким образом, внедрение объектно-ориентированной модели позволило значительно упростить процесс разработки. Предложенный метод может быть масштабирован и адаптирован под другие объекты в промышленной или учебной среде, что делает его универсальным инструментом для создания цифровых двойников в виртуальной реальности.

Список литературы

1. Николаев В. А. Использование технологий виртуальной реальности в рамках развития системы образования и общественного здравоохранения при переходе к модели персонализированной медицины / В. А. Николаев // Уральский медицинский журнал. – 2020. – № 12(195). – С. 153.

2. Усов, Т. М. Введение в объектно-ориентированное программирование с примерами на C# [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: https://newobj.ru/oop, свободный. – ISBN 978-5-600-02430-4 (дата обращения: 30.11.2024).

3. Маккефри М. Unreal Engine VR для разработчиков. – М.: Эксмо, 2019 – ISBN: 978-5-04-101419-3.

Чканникова Ю.Г.
студент,
НИЯУ МИФИ,
Россия, Москва
firestorm567@bk.ru
Максимкин А.И.
старший преподаватель кафедры конструирования приборов и установок,
НИЯУ МИФИ,
Россия, Москва
aimaksimkin@mephi.ru

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОБНАРУЖЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

Аннотация. В рамках доклада описаны результаты разработки системы, применяемой для выявления отклонений рабочих характеристик, а именно резонансной частоты и добротности, производимых серийно ультразвуковых пьезоэлектрических измерительных преобразователей, до их установки в сборочную единицу изготавливаемого устройства. Внедрение разработанной методики, в основе которой лежит информационно-измерительная система, позволяющая снимать амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) измерительных преобразователей для дальнейшего их анализа и выявления дефектных устройств, приводит к снижению процента дефектов и гарантийного возврата конечных изделий. Входной контроль покупных устройств также позволяет избежать трудоёмкого процесса извлечения дефектного ультразвукового измерительного преобразователя из корпуса готового изделия, что, в свою очередь, приводит к оптимизации производственных процессов и снижению стоимости конечного продукта.

Ключевые слова: пьезокерамический измерительный преобразователь, входной контроль, информационно-измерительная система, контроль качества изделий, амплитудно-частотная характеристика, выявление дефектов.

Chkannikova Yu.G.
Student
NRNU MEPhI
Russia, Moscow
firestorm567@bk.ru
Maksimkin A.I.
Senior Lecturer of the Department of Instrument and Installation Design
National Research Nuclear University MEPhI
Russia, Moscow
aimaksimkin@mephi.ru

DEVELOPMENT OF A TECHNIQUE FOR DETECTING DEVIATIONS IN THE PARAMETERS OF ULTRASONIC PIEZOCERAMIC SENSORS

Abstact. The report describes the development of a system used to detect performance deviations, namely, resonant frequency and Q-factor of, mass-produced and purchased from a supplier ultrasonic piezoelectric measuring transducer, prior to their installation in the assembly unit of the manufactured device. The implementation of the developed methodology, which is based on an information and measuring system that allows to take the amplitude-frequency characteristics (frequency response) of measuring transducers for further analysis and identification of defective devices, leads to a decrease in the percentage of defects and guaranteed return of the final products. The input control of purchased devices also avoids the laborious process of removing a defective ultrasonic transducer from the body of the finished product, which, in turn, leads to the optimization of production processes and a reduction in the cost of the final product.

Keywords: piezoceramic measuring transducer, entrance control, information and measuring system, product quality control, amplitude-frequency response, detection of defects.

В настоящее время ультразвуковые пьезоэлектрические датчики расстояния широко в системах определения и обхода препятствий [1]. Серийное производство ультразвуковых пьезоэлектрических преобразователей (далее – УЗ ПЭП) предъявляет высокие требования к точности их технических характеристик в соответствии с [2]. Однако даже при соблюдении этих требований доля дефектных устройств в партии может достигать 10–12%. Выявление датчиков со значительных отклонением характеристик от паспортных до их установки в корпус конечного изделия является важной задачей в связи с тем, что установка УЗ ПЭП в корпус конечного изделия осуществляется с использованием специальной заливочной массы, которая обеспечивает надежность и плотность соединения, а также эффективную звукоизоляцию, предотвращающую проникновение звуковых помех, таких как, например, дребезг при работе измерительного преобразователя, а также переотражение ультразвуковых сигналов.

Процесс демонтажа УЗ ПЭП предполагает механическое удаление заливки и очистку поверхностей, что может привести к повреждениям: внутренним дефектам, ухудшающим звукоизоляцию, и внешним, отрицательно влияющим на внешний вид изделий, отправляемых на реализацию. Следовательно, выявление дефектных УЗ ПЭП до их установки в корпус изделия способно существенно сократить производственные издержки, что делает данную задачу особенно актуальной. В связи с этим целью настоящей работы является разработка системы для контроля и выявления отклонений технических характеристик УЗ ПЭП от заданных.

Основные параметры ультразвуковых преобразователей

УЗ ПЭП создаются с применением пьезокерамических пластин. В основе работы пьезокерамики лежит её возможность трансформировать электрические колебания в механические с ультразвуковой частотой и наоборот. Преобразование электрического сигнала в механические деформации называется обратным пьезоэффектом и применяется в УЗ ПЭП для излучения ультразвуковой волны, которая распространяется в пространстве, и, достигая какоголибо препятствия, взаимодействует с ним, и затем часть волны возвращается к измерительному преобразователю и регистрируется им при помощи прямого пьезоэффекта [3]. Пьезокерамика является анизотропным кристаллом, точность и правильность ориентации которого позволяет получить наибольшее значение коэффициента, связывающего механические характеристики с электрическими, что, в свою очередь, позволяет получить наилучшие эксплуатационные характеристики УЗ ПЭП: дальность, точность, устойчивость к помехам и стабильность работы [4].

Измерительные преобразователи, имеющие в своей конструкции пьезокерамические элементы, могут быть охарактеризованы различными параметрами, такими как чувствительность, резонансная частота, диапазон рабочих частот и другие [5]. В настоящее время существуют различные методы и средства измерения параметров пьезокерамики, например, [6, 7]. В ходе экспериментов было выявлено, что в рамках рассматриваемой задачи наиболее важной характеристикой УЗ ПЭП, влияющей на точность определения расстояния, является резонансная частота. Отклонение резонансной частоты от паспортной оказывает прямое влияние на работоспособность конечного изделия.

Система сбора данных для проверки работоспособности пьезокерамических преобразователей путём их спектроскопии

В настоящей работе предлагается метод проверки работоспособности УЗ ПЭП путём определения отклонения резонансной частоты кристаллов при помощи анализа их собственных амплитудно-частотных характеристик (далее – АЧХ). Выявление отклонений резонансной частоты производится следующим образом: совмещаются два измерительных преобразователя, один из которых является заведомо исправным, а второй требует проверки. При помощи разработанной информационно-измерительной системы, происходит определение АЧХ преобразователей в области резонанса. В случае совпадения резонансной частоты обоих датчиков сигнал, выводимый на экран компьютера, имеет один ярко выраженный пик с амплитудой, в 2 раза большей, чем амплитуда сигнала каждого из преобразователей в отдельности. В том случае, если резонансная частота проверяемого преобразователя имеет отклонение, зарегистрированный сигнал имеет два пика и суммарную амплитуду меньше, чем удвоенная амплитуда сигнала одиночного преобразователя. Для реализации данной схемы проведения измерений разработана методика измерений при помощи автоматизированной информацион-

но-измерительной системы на базе контроллера STM32F411. Для генерации выходных сигналов в системе используются генераторы прямого цифрового синтеза (DDS-генераторов), а обработка входных сигналов при помощи внешних быстродействующих аналогово-цифровых преобразователей (АЦП). Их параллельное использование обеспечивает процесс спектроскопии амплитудно-частотных характеристик УЗ ПЭП.

Таким образом, внедрение описанной в настоящей работе методики входного контроля в производственный процесс при производстве конечного продукта позволил выявлять большую часть дефектных ультразвуковых преобразователей до их установки в корпус готового изделия, что привело к оптимизации производственных процессов и снижению дефектов и гарантийного возврата конечных устройств.

Список литературы

1. У Цюе, А.Ф. Рачков М.Ю., М.В, Архипов «Исследование динамических характеристик ультразвукового датчика для мобильного робота» Science and technology research – 2022
2. ГОСТ Р 55725-2013 Контроль неразрушающий. Преобразователи ультразвуковые пьезоэлектрические. Общие технические требования.
3. А. Ф. Зацепин Акустический контроль. В 2 ч. Ч.2. Физические основы ультразвуковой дефектометрии: учебное пособие / А.Ф. Зацепин. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2006 – 117 с. ISBN 5-321-00-943-0.
4. S. Q. Ma and C. J. Wang, «The Research of MCU Ultrasonic Range Finder,» 2016 International Symposium on Computer, Consumer and Control (IS3C), Xi'an, China, 2016, pp. 915-918, doi: 10.1109/IS3C.2016.232.
5. В. Шарапов, Ж. Сотула «Пьезокерамические преобразователи. Новые технологии проектирования» ЭЛЕКТРОНИКА наука | технология | бизнес №5 (00119) 2012.
6. Н.М. Иванов, В.Л. Земляков, Ю.К. Милославский «Новые средства измерения параметров пьезокерамических элементов и пьезоматериалов» №3 2013 Инженерный вестник Дона.
7. В.К. Доля, С.Н. Ключников «Метод контроля качества пьезоэлектрических преобразователей» Инженерный вестник Дона, №1 (2016).

Далечин А.С.
аспирант
МГТУ «Станкин»
Россия, Москва
dalechin.as.99@gmail.com
Пех Д.С.
студент
МГТУ «Станкин»
Россия, Москва
danilapehta5ok@mail.ru
Феофаонов А.Н.
д.т.н., профессор кафедры «Инженерная графика»,
МГТУ «Станкин»,
Россия, Москва
feofanov.fan1@yandex.ru

ФРАГМЕНТ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ КОМПОНОВОК МНОГОПОЗИЦИОННЫХ АГРЕГАТНЫХ СТАНКОВ ПО ПАРАМЕТРАМ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ЗАГОТОВКИ

Аннотация. Установлено стремительное наращивание производственных мощностей на предприятиях машиностроения. Для поддержания темпов развития крупносерийного и мас-

сового производства предложено использование агрегатных станков. Рассмотрены ключевые унифицированные узлы многопозиционного агрегатного станка. Для сокращения сроков проектирования предложен фрагмент автоматизированной системы по выбору компоновок многопозиционных агрегатных станков по параметрам обрабатываемой заготовки на стадии эскизного проекта. Выполена практическая реализация фрагмента в пакете прикладных программ T-Flex. Рассмотрена подготовка компоновки трехстороннего агрегатного станка для фрезерной обработки торцев детали типа тройник. Отмечена практическая значимость предлагаемого фрагмента при подготовке 3D модели на стадии технического предложения и эскизного проекта, а также роль автоматизированной системы в целом в сокращении сроком проектирования агрегатных станков.

Ключевые слова: Станки, станкостроение, агрегатные станки, компоновки агрегатных станков, система визуализации станков.

Dalechin A.S.
Postgraduate Student
MSTU «STANKIN»
Russia, Moscow
dalechin.as.99@gmail.com
Pekh D.S.
Student,
MSTU «STANKIN»
Russia, Moscow
danilapehta5ok@mail.ru
Feofanov A.N.
Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Engineering Graphics
MSTU «STANKIN»
Russia, Moscow
feofanov.fan1@yandex.ru

A FRAGMENT OF AN AUTOMATED LAYOUT CONFIGURATION SYSTEM FOR MULTIPOSITION TRANSFER MACHINES BASED ON WORKPIECE PARAMETER

Abstract. Rapid expansion of production capacity has been observed in machine-building enterprises. To support the development of large-scale and mass production, the use of transfer machines has been proposed. The study examines key standardized components of multi-station transfer machines. To reduce design time, a fragment of an automated system for selecting multistation transfer machine configurations based on workpiece parameters at the preliminary design stage has been developed. Practical implementation of this fragment has been accomplished using the T-Flex application software package. The paper presents the layout development of a threesided transfer machine for end milling of tee-type parts. The practical significance of the proposed system fragment is demonstrated for creating 3D models at the technical proposal and preliminary design stages, while highlighting the overall role of the automated system in reducing transfer machine design timelines.

Keywords: Machine tools, machine design, rotary transfer machine, layouts of rotary transfer machines, machine visualization system.

Обеспечение машиностроительных предприятий средствами производства, а именно металлообрабатывающими станками, является одной из важнейших задач для Российской Федерации на сегодняшний день. Для быстрого увеличения производственных мощностей и интенсификации труда предприятиям стоит задуматься о внедрении металлорежущего технологического оборудования для крупносерийного и массового производства, такое как агрегатные станки (АС). АС состоит из кинематически не связанных между собой унифицированных узлов и агрегатов, из которых возможно подготавливать различные варианты компо-

новок под разные технологические задачи, реализуя тем самым модульный подход к проектированию станков [1] и обеспечивая возможность относительно быстрой переналадки для такого вида оборудования.

АС могут применяться для обработки различного вида корпусных деталей. Частным примером таких изделий является трубопроводная арматура, изготовление корпусов которой требует крупносерийного и массового выпуска. Необходимость наращивания объемов производства в связи с увеличением номенклатуры выпускаемых изделий лишь подтверждает потребность в применении технологического оборудования для крупносерийного производства [2] [3]. Как следствие, применение изделий, произведенных в России, в ключевых отраслях народного хозяйства обеспечит достижение технологического суверенитета [4].

При проведении работ для вновь проектируемых металлорежущих станков придерживаются следующих этапов [5]:

1. Техническое задание
2. Техническое предложение
3. Эскизный проект
4. Технический проект
5. Рабочая документация
6. Опытный образец и т.д.

В данной работе предлагается к рассмотрению фрагмент системы, где реализован поход к автоматизированному выбору компоновки многопозиционного АС на стадиях технического предложения и эскизного проекта с целью сокращения сроков выполнения данных этапов проектирования.

Данная статья является логическим продолжением ранее опубликованных работ [6]–[8] по теме автоматизированного выбора компоновок по параметрам обрабатываемой заготовки. Необходимо отметить различие предлагаемого фрагмента автоматизированной системы по сравнению с системами, решающими подобную задачу [9] – [11]. В аналогичных решениях предлагается подход к синтезу компоновки в автоматизированном режиме с ручным перебором выбираемых узлов АС. То есть, инженер-конструктор вручную устанавливает каждый узел в рамках используемой системы.

В предлагаемом авторами настоящей статьи фрагменте автоматизированной системы повышается степень автоматизации при подготовке компоновок АС ввиду установления связей и наложения зависимостей между узлами АС и параметрами обрабатываемой заготовки.

В работе рассматривается компоновка многопозиционного АС, скомпонованного на базе одногранной и четырехгранной средней станины (рисунок 1 и таблица).

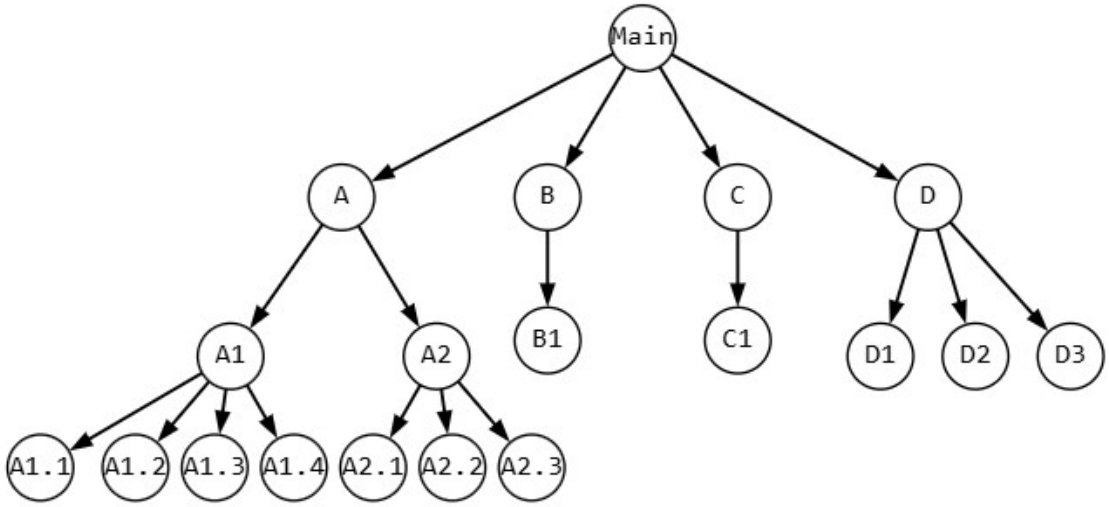


Рис. 1. Граф структуры многопозиционного АС

Таблица 1

Обозначение вершин графа

Обозначение вершины	Наименование группы узлов
A – Несущие узлы	
A1	Средние станины
A1.1	Станина одногранная
A1.2	Станина четырехгранная
A1.3	Станина шестигранная
A1.4	Станина восьмигранная
A2	Присоединительные станины
A2.1	Станина боковая
A2.2	Подставка
A2.3	Стойка
B – Транспортные узлы	
B1	Стол делительный поворотный
C – Узлы подачи	
C1	Столы силовые
D – узлы резания	
D1	Фрезерные бабки
D2	Расточные бабки
D3	Сверлильные бабки

Далее приведены исходные, которые необходимо обозначить для работы фрагмента системы.

Исходные данные для создания компоновки:

1. Общие параметры:

1.1. Количество обрабатываемых поверхностей, шт;

2.2. Совокупная масса обрабатываемых заготовок, кг;

3.3. Размер наибольшей устанавливаемой в приспособление технологической базы, мм;

2. Параметры, исходя из количества обрабатываемых поверхностей 1-7:

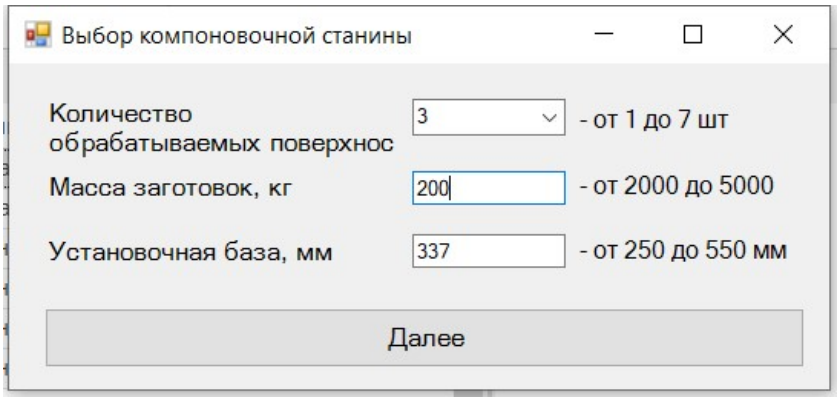
1. Необходима ли обработка плоскости в текущей позиции (да или нет);

2. Ориентация обрабатываемой плоскости относительно плоскости поворотного делительного стола (0º или 90º);

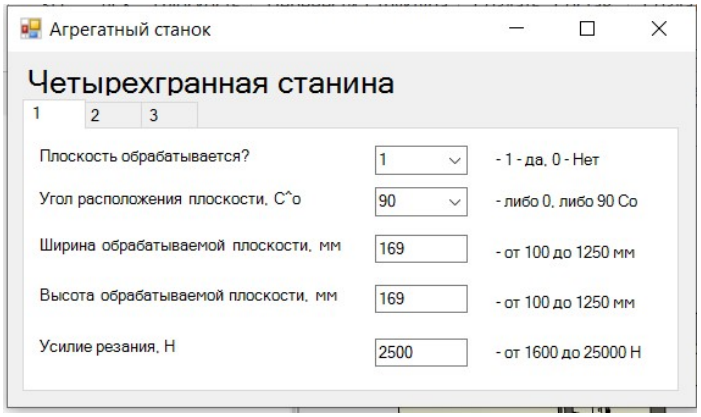
3. Габариты обрабатываемой плоскости (ширина, высота в мм);

4. Совокупное резания, необходимое для обработки плоскости на данной позиции, Н.

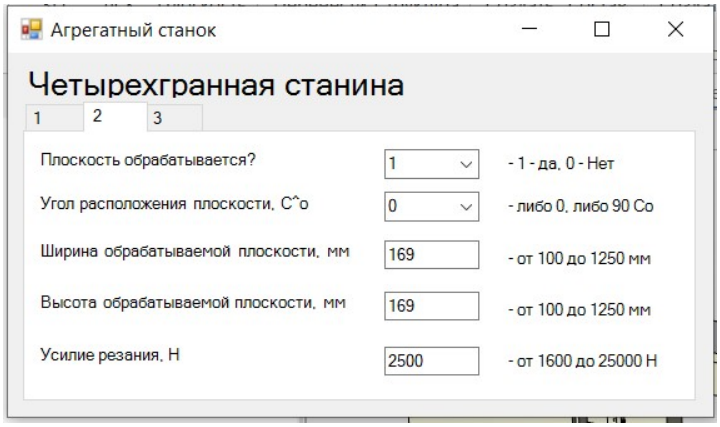
Практическая значимость, предложения и результаты внедрений, результаты экспериментальных исследований. В пакете прикладных программ T-Flex выполнена практическая реализация фрагмента автоматизированной системы. На рисунке 2 представлены окна ввода исходных данных для создания компоновки АС. Для демонстрации работы фрагмента системы введены исходные данные для фрезерной обработки торцев тройнка ДУ150 ГОСТ 17376-2001.



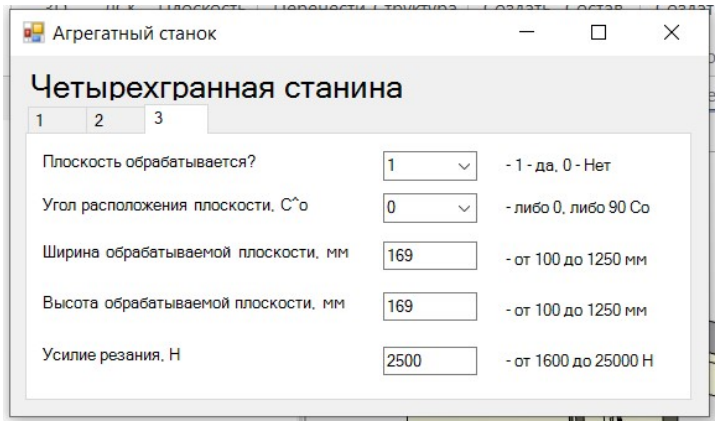
а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Интерфейс фрагмента системы выбора компоновок АС: а – выбор средней станины; б, в, г – выбор присоединительных узлов

Результатом работы фрагмента автоматизированной системы является подготовленная компоновка трехстороннего агрегатного станка (рисунок 3).

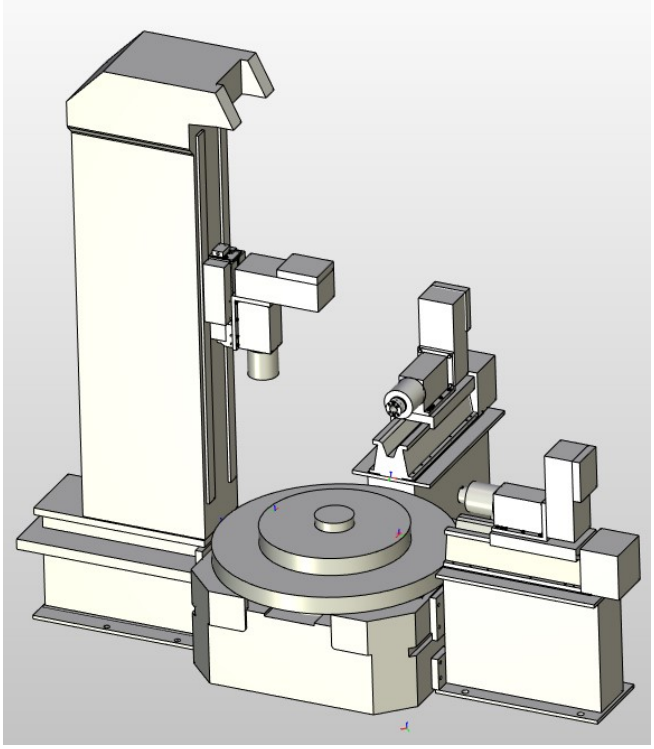


Рис. 3. Подготовленная компоновка трехстороннего АС

На стадии технического предложения и эскизного проекта данная модель может служить для получения данных о площади, занимаемой станком, общих габаритах станка, используемых узлах и т.д. При этом, внесение изменений в модель осуществляется введением других исходных данных.

В результате проведенной работы предложен фрагмент автоматизированной системы выбора компоновок АС, реализованный в пакете прикладных программ T-Flex. Использование предложенной системы позволит уменьшить трудозатраты на подготовку модели конструктором на стадии технического предложения и эскизного проекта, что в конечном итоге снизит сроки проектирования АС.

Список литературы

1. Аверьянов О.И. Модульный принцип построения станков с ЧПУ. – М.: Машиностроение, Москва, 1987. – 232 с.

2. Афанасьева, О. В. Обзор российского рынка трубопроводной арматуры и приводов в 2022 году / О. В. Афанасьева, А. А. Бакулина // Арматуростроение. – 2023. – № 3(144). – С. 24-29.

3. ТАСС [Электронный ресурс]. Пермское производство нарастило мощности по выпуску трубопроводной арматуры // ТАСС. Экономика. – 2025. – URL: https://tass.ru/ekonomika/22569165 (дата обращения: 26.04.2025).

4. Правительство Российской Федерации. Постановление от 15 апреля 2023 г. № 603 «Об утверждении приоритетных направлений проектов технологического суверенитета…» [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: http://government.ru/docs/all/147043/ (дата обращения: 26.04.2025).

5. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: учебник для вузов: в 2 т. Т. 1 / А. С. Проников, В. В. Данилевский, И. М. Кузнецов [и др.]; – Москва: Машиностроение, 1995. – 463 с.

6. Далечин А.С. Фрагмент автоматизированной системы подготовки компоновки двустороннего агрегатного станка // СМиС-2024. Технологии управления качеством: материалы международной научно-технической конференции. – Москва, 2024. – С. 367-372.

7. Далечин А.С., Феофанов А.Н. Разработка модели подсистемы автоматизированной компоновки агрегатного станка на примере корпусных деталей с целью уменьшения трудоемкости проектирования технологического оборудования // Вестник МГТУ «Станкин». – 2024. – № 1(68). – С. 159-167.

8. Феофанов А.Н., Далечин А.С. Разработка алгоритма фрагмента автоматизированной системы для создания трехстороннего агрегатного станка // Технология машиностроения. – 2024. – № 7. – С. 46-51.

9. Феофанов А.Н., Манелюк С.Ю. Разработка системы геометрического моделирования компоновок агрегатных станков // Научная визуализация. – 2016. – Т. 8, № 3. – С. 132-144.

10. Яхимец М.В., Феофанов А.Н. Разработка автоматизированной подсистемы визуализации компоновок станков модульного типа на стадии эскизного проектирования // Вестник МГТУ «Станкин». – 2009. – № 3. – С. 60 11. Розин, Б. М. К синтезу компоновок агрегатных станков для групповой обработки / Б. М. Розин, В. Е. Зданович // Информатика. – 2014. – № 4(44). – С. 100-116.

Наумов В.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
Sir.vadimka45@yandex.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОВЕРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые аспекты автоматизации поверочной деятельности на машиностроительных предприятиях в условиях внедрения цифровых технологий. Проведен сравнительный анализ традиционных и автоматизированных методов поверки, отражающий различия в точности, затратах времени и влиянии на производственный процесс. Уделено внимание положительному воздействию автоматизации на качество выпускаемой продукции и сокращение человеческого фактора.

Ключевые слова: автоматизация, поверка, машиностроительное предприятие, качество, цифровые технологии.

Naumov V.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Sir.vadimka45@yandex.ru

PROSPECTS FOR THE AUTOMATION OF VERIFICATION ACTIVITIES AT MACHINEBUILDING ENTERPRISES

Abstract. The article explores the key aspects of automating verification activities at machine-building enterprises in the context of digital technology implementation. A comparative analysis of traditional and automated verification methods is conducted, highlighting differences in accuracy, time efficiency, and impact on the production process. Attention is given to the positive effects of automation on product quality and the reduction of human error. A practical example of the implementation of an automated verification system is provided, with a description of the achieved results.

Keywords: automation, verification, machine-building enterprise, quality, digital technologies.

Современные тенденции в области машиностроения требуют постоянного повышения точности измерений и эффективности контроля качества. Автоматизация поверочной деятельности играет ключевую роль в обеспечении высокой достоверности измерений, снижении временных и трудовых затрат, а также минимизации влияния человеческого фактора [1]. Однако процесс внедрения автоматизированных систем поверки сопровождается рядом вызовов, требующих дополнительного изучения. В данной статье анализируются преимущества автоматизированных методов поверки, их влияние на производство, а также перспективы их дальнейшего развития. Также рассматриваются факторы, влияющие на успешность внедрения таких систем, включая обучение персонала, финансовые вложения и организационные изменения.

Влияние автоматизации поверочной деятельности на качество продукции и производственные процессы

Внедрение автоматизированных систем поверки позволяет:

• Повысить точность измерений за счет исключения субъективных ошибок [2];

• Сократить время проведения поверки, что ускоряет выпуск продукции;

• Минимизировать вероятность выпуска некондиционной продукции [3];

• Повысить эффективность использования оборудования благодаря сокращению простоев и своевременному обнаружению отклонений [4].

Примером внедрения автоматизированной системы поверки является машиностроительное предприятие, использующее программное обеспечение Fluke Met/Cal. Поверка контрольно-измерительных приборов стала более точной, сократилось время на калибровку, а также снизились затраты на техническое обслуживание измерительного оборудования. Важно отметить, что использование автоматизированных решений позволило обеспечить централизованное хранение данных поверки и упростило процесс их анализа.

Сравнительный анализ традиционных и автоматизированных методов поверки Традиционные методы поверки включают ручное проведение измерений, использование бумажной документации и значительное участие персонала. Основные недостатки таких методов:

• Высокая зависимость от человеческого фактора;

• Значительные временные затраты на каждую поверку; • Ограниченные возможности для анализа и хранения данных.

Автоматизированные системы поверки позволяют:

• Исключить субъективные ошибки оператора;

• Ускорить процесс поверки за счет использования программных алгоритмов;

• Обеспечить интеграцию с другими системами управления качеством на предприятии [5].

Однако автоматизированные системы требуют значительных первоначальных инвестиций, что может стать сдерживающим фактором для их внедрения. Несмотря на это, долгосрочные выгоды, такие как снижение затрат на поверку, сокращение простоев оборудования и повышение качества выпускаемой продукции, оправдывают данные затраты.

Также необходимо учитывать адаптацию системы под конкретные производственные условия. Например, для различных типов машиностроительных предприятий могут потребоваться индивидуальные решения, включающие интеграцию с ERP-системами, использование специализированных сенсоров и методов анализа больших данных.

Перспективы развития автоматизированных поверочных систем

С развитием цифровых технологий автоматизация поверочной деятельности получает новые возможности, включая:

Интеграцию систем поверки с промышленными интернет-платформами (IIoT) [6]

Одним из перспективных направлений развития автоматизированных поверочных систем является их интеграция с промышленными интернетплатформами. IIoT позволяет объединять измерительные приборы, системы мониторинга и программное обеспечение в единую цифровую экосистему, что обеспечивает полный контроль над процессами поверки и их автоматизацию в реальном времени.

Преимущества интеграции систем поверки с IIoT включают:

• **Непрерывный мониторинг состояния приборов**. Подключенные к сети измерительные устройства автоматически передают данные о своих параметрах в централизованную систему.

• **Оптимизация графиков поверки**. Анализ данных в реальном времени позволяет динамически изменять интервалы поверки, основываясь на фактическом состоянии приборов.

• **Интеграция с производственными процессами.** IIoT-системы могут передавать данные о результатах поверки в другие элементы производственного цикла, обеспечивая своевременное внесение корректировок в технологические процессы.

Использование технологий машинного обучения для предиктивного анализа данных поверки

Технологии машинного обучения (ML) открывают новые возможности для анализа и прогнозирования результатов поверки измерительных приборов. Они позволяют выявлять закономерности в накопленных данных и предсказывать возможные отклонения в работе оборудования, что способствует более эффективному управлению метрологическими процессами.

Основные направления применения машинного обучения в поверочной деятельности:

Предиктивный анализ состояния приборов. Использование алгоритмов ML позволяет анализировать показатели стабильности измерительных приборов и прогнозировать вероятность их выхода из строя.

Оптимизация поверочных интервалов. На основе исторических данных ML-модели могут определять оптимальные сроки проведения поверки для каждого конкретного прибора, сокращая издержки на ненужные поверки без ущерба для точности измерений.

На практике уже существуют примеры использования ML в метрологии. Например, ряд компаний применяет интеллектуальные системы для автоматического выявления неисправностей в измерительных приборах и предотвращения ошибок при поверке [7].

Автоматизация поверочной деятельности на машиностроительном предприятии является важным инструментом повышения качества продукции и эффективности производства. Внедрение современных цифровых технологий позволяет не только снизить затраты и улучшить контроль измерений, но и обеспечивает конкурентные преимущества предприятия в условиях цифровой трансформации промышленности. Дальнейшие исследования в данной области должны быть направлены на интеграцию интеллектуальных систем анализа данных и разработку стандартизированных решений для автоматизированной поверки. Также необходимо учитывать вопросы кибербезопасности, надежности работы систем и адаптации к различным видам измерительных приборов. Организация работы автоматизированных поверочных лабораторий может стать важным направлением модернизации машиностроительных предприятий, позволяя не только повысить качество выпускаемой продукции, но и снизить издержки на производственные процессы.

Список литературы

1. Ефремов А.Н., Юдин С.В. Анализ внедрения автоматизированных систем контроля качества на машиностроительных предприятиях // Вестник метрологии. 2023. №4. С. 45-52.

2. Сидоров П.В. Применение цифровых технологий в метрологическом обеспечении промышленности // Современные технологии. 2022. №7. С. 33-40.

3. Иванов А.А. Автоматизация контроля качества на промышленных предприятиях // Инженерный вестник. 2021. №3. С. 18-27.

4. Петров В.И. Влияние цифровых решений на метрологическое обеспечение производства // Машиностроение и технологии. 2023. №2. С. 41-49.

5. Никитин К.С. Опыт использования автоматизированных измерительных систем на заводах // Промышленные технологии. 2020. №6. С. 12-20.

6. Смирнов О.Б. Цифровизация метрологии: перспективы и вызовы // Промышленная автоматизация. 2024. №1. С. 21-30.

7. Козлов А.Н. Развитие технологий промышленного интернета вещей в метрологии // Вопросы инженерии. 2023. №5. С. 55-62.

Старостин В.Г.
студент,
ИФТИС НИЯУ МИФИ,
ФГУП ВНИИА им. Духова,
Россия, Москва
Starvlad03@mail.ru

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПТИМИАЦИИ 3D-МОДЕЛЕЙ В СРЕДЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Аннотация. В данной работе рассматривается разработка метода оптимизации 3D моделей для использования в виртуальной реальности (VR), ориентированного на улучшение производительности и качества отображения в VR-тренажёрах. Проблема, решаемая в работе, заключается в необходимости оптимизации сложных 3D моделей, полученных методом сканирования, для их использования в ресурсоёмких приложениях VR. В качестве объекта исследования была использована 3D модель комнаты, созданная на основе лазерного сканирования. В работе предложен комплексный метод оптимизации, включающий удаление артефактов, упрощение геометрии, ретопологию, оптимизацию текстур и материалов, использование запечённого освещения (Lightmaps), спрайтов и реализацию уровней детализации (LOD). Результаты экспериментов показали значительное улучшение производительности и качества отображения моделей при использовании предложенных методов. Разработанный метод может быть применён для создания высококачественных и производительных VR-приложений в различных областях, включая обучение и реабилитацию.

Ключевые слова: цифровой двойник, тренажер, технологии виртуальной реальности.

Starostin V.G.
Student
IFTIS NRNU MEPhI
FSUE VNIIA named after Dukhov
Russia, Moscow
Starvlad03@mail.ru

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR OPTIMIZING 3D MODELS IN A VIRTUAL REALITY ENVIRONMENT

Abstract. This paper discusses the development of a method for optimizing 3D models for use in virtual reality (VR), aimed at improving the performance and quality of display in VR simulators. The problem solved in the work is the need to optimize complex 3D models obtained by scanning for their use in resource-intensive VR applications. The object of the study was a 3D model of a room created using laser scanning. The work proposes a complex optimization method, including artifact removal, geometry simplification, retopology, texture and material optimization, the use of baked lighting (Lightmaps), sprites, and the implementation of levels of detail (LOD). The experimental results showed a significant improvement in the performance and quality of model display when using the proposed methods. The developed method can be used to create high-quality and productive VR applications in various fields, including training and rehabilitation.

Keywords: digital twin, simulator, virtual reality technologies.

С развитием технологий виртуальной реальности (VR) появляется всё больше приложений, в которых используются 3D модели для создания интерактивных и реалистичных виртуальных пространств. Однако, высокая детализация таких моделей может привести к значительному ухудшению производительности и пользовательского опыта, особенно в случае сложных объектов, полученных методом 3D-сканирования. Одной из ключевых проблем является необходимость оптимизации 3D моделей, что позволяет улучшить производительность VR-приложений и уменьшить требования к вычислительным мощностям.

В этой статье рассмотрены методы оптимизации 3D моделей с целью их использования в виртуальной реальности, а также предложен новый комплексный подход, включающий удаление артефактов, упрощение геометрии, ретопологию, оптимизацию текстур и материалов, создание запечённого освещения и спрайтов. В качестве объекта исследования использована 3D модель комнаты, полученная с помощью лазерного сканирования.

В последние годы виртуальная реальность стала важной технологией, применяемой в различных областях: от медицины и образования до промышленного дизайна и военных тренировок. Одной из ключевых проблем является создание качественного 3D контента, который бы одновременно отвечал высокому уровню детализации и был бы достаточно оптимизирован для работы в VR-приложениях.

Методы оптимизации 3D моделей активно развиваются, и основным направлением является уменьшение числа полигонов, улучшение качества текстур, а также использование технологий освещения, таких как запечённое освещение и создание уровней детализации (LOD). Впрочем, на практике возникает необходимость в более комплексном подходе, который бы включал как автоматические, так и ручные методы работы с моделью, что и становится основной темой данного исследования.

На сегодняшний день существует большое количество публикаций, посвящённых оптимизации 3D моделей для различных платформ. Одним из наиболее распространённых методов является редукция полигонов. Программы как Blender и MeshLab предлагают различные алгоритмы упрощения геометрии, включая модификаторы для автоматического уменьшения полигонов и инструменты для ручной ретопологии. В ряде работ рассматриваются также методы создания текстурных атласов, что позволяет уменьшить количество текстур и повысить производительность.

К примеру, методы запекания освещения (Lightmaps) активно используются для улучшения визуального качества и производительности в играх и VRприложениях. Эти технологии позволяют заранее вычислить освещение и хранить его в текстурах, тем самым снижая нагрузку на графическую систему. Применение спрайтов (Billboards) для отображения удалённых объектов также помогает значительно снизить нагрузку на процессор и GPU.

Однако, несмотря на существующие решения, для успешного внедрения VRприложений необходимо использовать комплексный подход, который будет учитывать как технологические особенности создания моделей, так и специфику платформы для VR.

Целью данной работы является разработка метода оптимизации 3D моделей, полученных через сканирование, для использования в VR-тренажёрах. В рамках работы были поставлены следующие задачи:

1. Анализ существующих методов оптимизации 3D моделей.
2. Формулировка требований к оптимизации моделей для использования в VR, с учётом особенностей движка Unigine 2.
3. Разработка алгоритма комплексной оптимизации, включая упрощение геометрии, ретопологию, оптимизацию текстур и материалов.
4. Реализация предложенного метода на примере сканированной 3D модели комнаты.
5. Оценка эффективности предложенного метода с помощью экспериментальных исследований.

Оптимизация 3D моделей – это процесс изменения их структуры и текстур для достижения нужного баланса между качеством и производительностью. Этот процесс включает в себя несколько ключевых этапов:

1. **Удаление шумов и артефактов:** На первом этапе работы с 3D моделью происходит удаление дефектов, таких как лишние или повреждённые полигоны, а также исправление геометрических артефактов, возникающих из-за погрешностей в процессе сканирования.
2. **Упрощение геометрии и ретопология модели:** Один из важнейших этапов, включающий два подхода: автоматическое уменьшение числа полигонов с использованием инструментов, таких как Decimate в Blender, и ручная ретопология для создания чистой и оптимизированной топологии, особенно для интерактивных элементов модели.

3. **Оптимизация текстур и материалов:** Этот этап включает в себя уменьшение разрешения текстур, использование текстурных атласов, а также оптимизацию материалов, что позволяет существенно снизить нагрузку на видеокарту без потери визуального качества.

4. **Запечённое освещение (Lightmaps):** Использование запечённого освещения позволяет заранее вычислить световые и теневые эффекты и сохранить их в текстуры, что помогает снизить нагрузку на процессор и GPU.

5. **Использование спрайтов:** Для отображения удалённых объектов, которые не требуют высокого уровня детализации, используются Billboard-спрайты, что значительно снижает требования к вычислительным ресурсам.

6. **Уровни детализации (LOD):** Важнейшим аспектом является использование уровней детализации, когда для объектов на большом расстоянии от камеры используется более низкое качество модели, что также позволяет значительно повысить производительность.

Практическая значимость, предложения и результаты внедрения Реализация предложенного метода была проведена с использованием программных средств Blender, MeshLab и игрового движка Unigine 2. В результате были получены два варианта оптимизированных моделей: один с использованием автоматического упрощения полигонов, другой – с ручной ретопологией. Оба варианта прошли тестирование в VR-среде.

Результаты экспериментальных исследований показали, что использование автоматической оптимизации снижает количество полигонов с 2,5 млн до 65 тыс., что улучшает производительность, однако с незначительными визуальными дефектами. Ручная ретопология позволила получить ещё более оптимизированную модель с 50 тыс. полигонов без потери качества. Модели с запечённым освещением и использованием спрайтов продемонстрировали улучшение производительности до 90-110 FPS, в то время как в исходной модели этот показатель составлял всего 25-30 FPS.

Практическая значимость работы заключается в том, что предложенный метод позволяет существенно улучшить производительность VRприложений и повысить качество взаимодействия с пользователем, что особенно важно для создания VR-тренажёров и других профессиональных приложений.

Результаты экспериментальных исследований

В ходе экспериментов было установлено, что модели, прошедшие через предложенную оптимизацию, показывают значительное улучшение в производительности при практически идентичном качестве отображения. Например, оптимизация с использованием запечённого освещения снизила количество вычислений на графическом процессоре, что позволило повысить частоту кадров до 100 и выше.

Ручная ретопология продемонстрировала наилучшие результаты в плане визуального качества и минимизации дефектов, в то время как автоматическая оптимизация обеспечила быстрый и эффективный способ работы с фоновыми и неинтерактивными объектами.

В результате проведённой работы был разработан метод оптимизации 3D моделей для виртуальной реальности, который включает в себя удаление дефектов, упрощение геометрии, оптимизацию текстур и использование передовых технологий, таких как запечённое освещение и спрайты. Этот подход значительно повышает производительность VR-приложений и улучшает визуальное качество моделей, что делает его пригодным для использования в различных областях, включая обучение и реабилитацию.

Перспективы дальнейших исследований включают автоматизацию ретопологии с использованием нейросетевых методов, а также расширение подхода на сложные анимированные и интерактивные модели для более широкого применения в профессиональных тренажёрах и других приложениях виртуальной реальности.

Список литературы

1. Виртуальная реальность и образование Хозе Е.Г URL: https://psyjournals.ru/journals/jmfp/archive/2021_n3/jmfp_2021_n3_Khoze.pdf (дата обращения 11.12.2024)

2. Козловских М.Е. Неверова И.В. Устинова Н.Н. СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛИ И ПЕРЕНОС В ВИРТУАЛЬНУЮ РЕАЛЬНОСТЬ В ПРИЛОЖЕНИЯХ BLENDER И UNREAL ENGINE URL: https://science-pedagogy.ru/ru/article/view?id=2506 (дата обращения 11.12.2024)

3. ЗАРЖИЦКАЯ Арина Сергеевна ПРИМЕНЕНИЕ VR-ТЕХНОЛОГИЙ В ОБУЧЕНИИ И РАЗВИТИИ ПЕРСОНАЛА URL: https://dspace.spbu.ru/bitstream/11701/32479/1/VKR_Zarzickoj_A.S..pdf (дата обращения 11.12.2024)

4. Шилов, Е. К. VR-технологии в профессиональном образовании / Е. К. Шилов // Техническое регулирование в едином экономическом пространстве: сборник статей IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 19 мая 2022 г., Екатеринбург / Рос. гос. проф.-пед. ун-т. – Екатеринбург: РГППУ, 2022. – С. 240-248.

5. Иканович, П. И. Разбор игровых движков Unity и Unreal Engine / П. И. Иканович, А. Г. Бурик, Д. Е. Бладыко // Информационные технологии и управление: материалы 57-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов по направлению 2, Минск, 19-23 апреля 2021 года / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск, 2021. – С. 155.

6. Е. В. Кривицкая, О. С. Чернякова ОПТИМИЗАЦИЯ ИГРОВЫХ 3D МОДЕЛЕЙ.

Канунников В.В.
студент,
НИЯУ МИФИ,
Россия, Москва,
Kanunnikov_vova_2003@mail.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ НАСТРОЙКИ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В работе рассматривается разработка программного обеспечения для автоматизации предварительной настройки датчиков давления в условиях серийного производства. Основное внимание уделено решению проблем, связанных с ограничениями существующего ПО, таких как отсутствие поддержки нестандартных моделей датчиков и фиксированных единиц измерения. Целью является создание приложения на языке C++ в среде разработки C++ Builder 10.2, которое обеспечит автоматический подбор номинала сопротивлений, находящихся в мостовой схеме датчика давления для усиления сигнала и настройки смещения моста датчиков давления, а также расширит функциональные возможности по сравнению с текущим аналогом. В работе представлены теоретические основы работы датчиков давления, требования к новому ПО, практическая реализация. Результаты проекта позволили повысить эффективность и гибкость процесса настройки датчиков, сократить временные затраты и минимизировать человеческие ошибки. Разработанное ПО планируется внедрить на постоянной основе в производственный процесс ФГУП «ВНИИА» для работы с текущими и нестандартными моделями датчиков.

Ключевые слова: датчики давления, программное обеспечение, предварительная настройка, подбор резисторов, разработка ПО, программирование на C++.

Kanunnikov V.V.
Student
NRNU MEPhI
Russia, Moscow,
Kanunnikov_vova_2003@mail.ru

AUTOMATION OF THE SYSTEM FOR PRE-SETTING PRESSURE SENSORS IN THE PROCESS OF SERIAL PRODUCTION

Abstact. The work discusses the development of software for automating the preliminary adjustment of pressure sensors in serial production. The main focus is on solving problems associated with the limitations of the existing software, such as the lack of support for nonstandard sensor models and fixed units of measurement. The goal is to create an application in C++ language in the C++ Builder 10.2 development environment, which will provide automatic selection of the resistance value in the bridge circuit of the pressure sensor for signal amplification and adjustment of the pressure sensor bridge offset, and will also expand the functionality compared to the current analogue. The work presents the theoretical foundations of the pressure sensors, requirements for the new software, and practical implementation. The results of the project made it possible to increase the efficiency and flexibility of the sensor setup process, reduce time costs and minimize human errors. The developed software is planned to be implemented on a permanent basis in the production process of FSUE «VNIIA» for working with current and non-standard sensor models.

Keywords: pressure sensors, software, presetting, resistor selection, software development, C++ programming.

Датчики давления играют важную роль в различных отраслях, таких как атомная энергетика, газовые трубопроводы и другие всевозможные области. Точность и надежность их работы прямо зависит от правильной предварительной настройки. Существующие программные решения ограничены в функциональности и автоматизации и не учитывают различные варианты конфигурации запрашиваемых заказчиком датчиков, что приводит к дополнительным затратам времени и ресурсов.

Выпускаемые на предприятии ВНИИА им. Духова интеллектуальные датчики давления относятся к многофункциональным средствам измерения и предназначены для измерения избыточного давления, разности давлений и разрежения [1]. В зависимости от модели и конфигурации устройства поддерживается широкий диапазон измерений.

Данный датчик способен работать во взрывоопасных зонах и состоит из электронного блока и датчика-тензопреобразователя давления. Электронный блок включает в себя схему обработки измерительного сигнала, клеммную колодку и панель управления с ЖКИ (внутренняя и внешняя). Весь блок расположен в корпусе и надежно фиксируется с помощью резьбовых крышек. Датчик-тензопреобразователь в свою очередь содержит тензочувствительный элемент (ТЧЭ), отделенный разделительной мембраной от камеры, в которую попадает рабочая среда. Принцип работы датчика заключается в деформации мембраны датчика-тензопреобразователя в ходе подачи на нее давления.

Деформация мембраны вызывает пропорциональное изменение сопротивления тензорезисторов, включенных по мостовой схеме, сигнал с которой усиливается с помощью инструментального усилителя и преобразуется в цифровой с помощью аналого-цифрового преобразователя. Затем сигнал попадает в микропроцессор, где происходят различные вычисления, например, фильтрация, компенсация температуры и перевод в физические единицы. Формируется выходной сигнал, который может быть токовым в диапазоне 4-20 мА / 0-5мА или цифровым и использован для дальнейшей обработки или управлением технологическим процессом с помощью передачи данных через протоколы UART, I2C и HART [2; 3].

В ходе серийного производства происходит предварительная настройка датчиков давления, которая включает в себя сбор схемы подключения датчика для настройки и проверки, а также расчет сопротивления для двух резисторов, отвечающих за усиление сигнала, приходящего с мостовой схемы в ходе работы инструментального усилителя, и смещения «нуля» для пределов АЦП(Р), позволяющее установить нужные рамки АЦП [4; 5]. В процессе выполнения предварительной настройки, необходимо добиться того, чтобы диапазон значений АЦП(Р) находился от 10 000 до 50 000 единиц.

Действующее приложение для предварительной настройки датчиков давления имеет значительные ограничения, затрудняющие его использование в современном мире.

В условиях постоянного развития рынка и инноваций, заказчики меняют требования к покупаемым датчикам давления и методам их настройки. К примеру, желание приобретать датчики с нестандартным диапазоном измерений. Существующее приложение, являющееся

внутренним ПО ФГУП ВНИИА, не позволяет легко вносить изменения в настройки поиска резисторов, затрудняя автоматический процесс предварительной настройки датчиков в процессе серийного производства.

Создание нового приложения является важной и актуальной задачей, решение которой позволит значительно улучшить и упростить процесс первичной настройки датчиков давления. Новая программа должна удовлетворять непосредственно следующим задачам:

- Автоматизированный поиск резистора R61, отвечающего за коэффициент усиления сигнала;
- Поиск резистора R60, отвечающего за настройку смещения «нуля»;
- Выполнение автоматизированной проверки на корректность результатов подбора резисторов;
- Вариативность выбора единиц измерения задатчика;
- Возможность настройки датчика с нестандартным диапазоном измерений;
- Удобная визуализация выводимого результата как в процессе предварительной настройки датчика, так и непосредственного ее итога;
- Простой и понятный интерфейс;
- Подробное информационное поле, отображающее основные аспекты, такие как доступный ряд резисторов, полный список ошибок, инструкция по работе с программой, и прочее.

Выбор написания приложения с помощью языка программирования C++ обоснован тем, что данный язык является низкоуровневым и обладает высокой производительностью, позволяющей обеспечить высокую скорость работы с портами, регистрами и с различным оборудованием, например, с АЦП и датчиком. Также, данный ЯП обладает обширным количеством библиотек, и поддерживает объектно-ориентированное программирование [6]. Среда разработки C++Builder 10.2 от Borland используется в создании приложения ввиду наличия удобных инструментов для создания графического интерфейса, такие как GUI, VCL Form, которые ускоряют процесс разработки пользовательских окон и элементов управления [7].

Для выполнения требования о работе нестандартных датчиков, выдвинутому к приложению для автоматизации процесса предварительной настройки датчиков давления, создано специальное окно в созданном приложении, позволяющее ввести минимально необходимые для первичной настройки данные. Благодаря этому процесс первичной настройки далее не отличается от настройки стандартных датчиков. В качестве автоматизации и повышения вариативности для единиц измерения задатчика создан конфигурационный файл, содержащий в себе соотношения единиц измерения к давлению в кПа. При необходимости работы в новых единицах, требуется просто дописать в конфигурационный файл соотношение новых единиц давления к кПа. Также добавлена возможность переноса результатов первичной настройки в файл формата CSV для дальнейшего его сохранения в базу данных, повысив автоматизированность процесса первичной настройки датчиков давления в процессе серийного производства.

В ходе выполнения работы было разработано программное обеспечение для автоматизации процесса предварительной настройки мостовых датчиков давления в условиях серийного производства. Программа обеспечивает подбор номиналов резисторов, отвечающих за смещение нуля и усиление сигнала тензометрической мостовой схемы, а также реализует поддержку нестандартных диапазонов измерений и вариативность единиц давления через использование конфигурационного файла.

Разработанное ПО успешно протестировано на производственной площадке, показало стабильную работу, улучшение эргономики интерфейса. Реализация функции экспорта данных в формате CSV позволяет интегрировать процесс настройки в общую систему учёта и анализа производственных данных. Программа предоставляет пользователю наглядную информацию, предупреждения об ошибках и возможность гибкой настройки параметров, что значительно повышает удобство работы.

Таким образом, цель работы была достигнута, задачи выполнены, а предложенное решение может быть рекомендовано к промышленному внедрению. В перспективе возможна

доработка программного продукта для расширения его функциональности, включая автоматическую загрузку данных в базу предприятия и дальнейшее улучшение интерфейса для удобства работы оператора.

Список литературы

1. Шерсобитова А.С. Датчики физических величин / Санкт-Петербург. университет ИТМО, 2017 – 58 с.

2. Резистивный датчик давления. Обзор, применение. URL: https://3ddiy.ru/blog/rezistivnyy-datchikdavleniya/?ysclid=m5wn15qrnz293265332 (дата обращения 15.01.2025).

3. И.Н. Баринов, В.С. Волков. Чувствительные элементы микромеханических датчиков давлений. Основа проектирования и разработки / Пенза, 2013 – 79 с.

4. В.Ю. Теплов, А.В. Хуснутдинова, Р.Р. Латыпов, И.В. Скворцов, Д.В. Коротышкин. Сигма дельта АЦП / Казань, КФУ, 2015-39 с.

5. Картер Брюс. Операционные усилители для всех / Додэка-XX1. 2011544с.

6. В.С. Романчик, А.Е. Люлькин. Программирование в C++ Builder / Минск, БГУ. 2007-128 с.

7. Борис Пахомов. C/C++ и Borland C++ Builder для начинающих / Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2005-626 с.

Егоров В.В.
старший преподаватель кафедры №408 «Инфокоммуникации»,
Московский авиационный институт,
Россия, Москва vsem_dobra@bk.ru
Федоренко А.А.
студент,
Московский авиационный институт,
Россия, Москва
artyannyka@gmail.com
Никифорова А.А.
студент,
Московский авиационный институт,
Россия, Москва
n.628@yandex.ru

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И ПОДАВЛЕНИЯ РЕЗОНАНСА В ЭЛЕМЕНТАХ ПОДВЕСКИ ПРИВОДОВ ВРАЩЕНИЯ

Аннотация. В представленной работе рассматривается проблема возникновения резонансных явлений в элементах подвески приводов вращения, примерами которых являются вибрация стиральной машины при увеличении скорости вращения барабана или опасное галопирование железнодорожных вагонов, приводящее к повышенным нагрузкам и риску повреждений. Существующие пассивные методы борьбы с этим явлением не всегда способны эффективно справляться с резонансом в изменяющихся условиях и нестандартных ситуациях. В качестве перспективного решения предлагается концепция автоматизированной системы выявления и подавления резонанса. Данная система осуществляет непрерывный мониторинг вибраций с помощью акселерометра и, при появлении признаков резонанса, оперативно изменяет жесткость подвески управляемыми актуаторами. Для демонстрации работоспособности предложенной идеи разработан и протестирован экспериментальный макет на базе Arduino и акселерометра ADXL345. Экспериментально полученные результаты демонстрируют возможность смещения резонанса путем регулирования жесткости подвески, что под-

твердает потенциал разработанного подхода для повышения надежности, безопасности и долговечности широкого спектра систем вращающихся приводов.

Ключевые слова: подвеска, подавление резонанса, вибрационный контроль, вращающиеся механизмы, железнодорожный транспорт.

Yegorov V.V.
Senior Lecturer of the Department No. 408 «Infocommunications»
Moscow Aviation Institute
Russia, Moscow
vsem_dobra@bk.ru
Fedorenko A.A.
Student
Moscow Aviation Institute
Russia, Moscow artyannyka@gmail.com l
Nikiforova A.A.
Student
Moscow Aviation Institute
Russia, Moscow
n.628@yandex.ru

SYSTEM OF AUTOMATIC DETECTION AND RESONANCE SUPPRESSION IN SUSPENSION ELEMENTS OF ROTARY DRIVES

Abstract. This paper examines the problem of resonance phenomena occurring in the suspension elements of rotary drives, examples of which include the vibration of a washing machine as the drum rotation speed increases or the dangerous galloping of railway cars, leading to increased loads and the risk of damage. Existing passive methods for combating this phenomenon are not always able to effectively cope with resonance in changing conditions and non-standard situations. As a promising solution, the concept of an automated system for detecting and suppressing resonance is proposed. This system continuously monitors vibrations using an accelerometer and, upon the appearance of resonance signs, promptly changes the suspension stiffness using controlled actuators. To demonstrate the feasibility of the proposed idea, an experimental setup based on Arduino and an ADXL345 accelerometer was developed and tested. Experimentally obtained results demonstrate the possibility of shifting resonance by adjusting the suspension stiffness, which confirms the potential of the developed approach to improve the reliability, safety, and durability of a wide range of rotating drive systems.

Keywords: suspension, resonance suppression, vibration control, rotating mechanisms, railway transport.

Резонанс подвески привода вращения хорошо известен обывателю как эффект резкого увеличения вибрации стиральной машины при постепенном ускорении или замедлении вращения барабана. При этом скорость вращения, на которой данный резонанс возникает, зависит от конструкции подвески и степени её жесткости. Источником колебаний в данном случае является несбалансированная масса белья в стиральной машине отчего барабан превращается в эксцентрик и становится генератором колебаний, которые при совпадении с собственными частотами колебаний подвески могут достигнуть достаточно больший амплитуд и повредить привод.

Данный эффект проявляется не только в стиральных машинах, но и повсеместно во множестве технических устройств и систем. Например, на железной дороге примером возникновения резонанса, который может привести к серьёзным последствиям, является галопирование вагона. Галопирование или продольная качка происходит следующим образом: обрессоренные части вагона совершают вращательное движение относительно оси у-у на некоторый угол ±θ (рис. 1). Галопирование вагона обычно возникает одновременно с подпрыгиванием в момент совпадения фаз скачков на обоих тележках вагона [1].

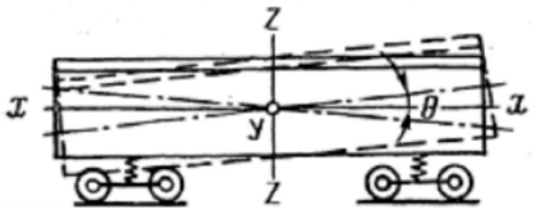


Рис. 1. Железнодорожный вагон

Причиной возникновения данного явления может быть смещение центра масс колеса за счет деформации (появления сколов, выбоин и т.д.) или изменении массы (налипание снега, грязи и других посторонних предметов на колесо). В классификаторе неисправностей типа «колесная пара, колесорельс» присутствует достаточно большое количество неполадок, например код 712 – «нарушение балансировки колесной пары». Последствиями данного эффекта может быть повреждение железнодорожного полотна, сход подвижного состава с рельсошпальной решетки.

Актуальность данной темы обусловлена, в частности, наличием актуальных работ [2, 3, 4]. При галопировании возникают значительные нагрузки как на систему подвески, так и на железнодорожное полотно, что может привести к разрушению вагона или пути в слабых и изношенных зонах. Так же посторонняя вибрация приводит к ослаблению болтовых соединений как вагона, так и железнодорожного полотна, что так же может привести к катастрофе.

Основной опасностью данной проблемы является то, что в случае подвижного состава поезда его скорость (и, следовательно, скорость вращения колёсных пар) – величина случайная и может принимать любое значение в диапазоне рабочих скоростей [4]. При этом многие описанные выше причины разбалансировки колёсной пары могут произойти в процессе движения (например, при ударе колеса о неровный стык рельс или посторонний предмет на путях) и никак не могут быть отслежены.

Классически, для снижения описанного выше эффекта организуется сложная подвеска на пружинах разной жесткости, которая позволяет, условно, один мощный резонанс превратить в несколько резонансов меньшей мощности [2]. Так же для решения проблемы предусматривается рессорное подвешивание с необходимой величиной коэффициента относительного трения, при которой обеспечивается условие ненарастания колебаний [3, 5]. Данные способы либо маскируют эффект, либо предполагают постепенный износ рессорной системы за счёт трения [5].

В данной работе предлагается концепция конструкции подвески, снабженной автоматизированной системой контроля амплитуды перегрузок и приводами, изменяющими жесткость подвески. Суть системы в том, чтобы при выявлении значительного роста амплитуды вибраций (приближения к критической скорости [4]), автоматически изменить жесткость подвески за счёт вспомогательных приводов, тем самым изменяя величину критической скорости.

В первом приближении было принято решение сконструировать некоторый макет данной системы и проверить на нём рассматриваемые концепции. В теории предполагалось, что датчиком увеличения перегрузок может служить акселерометр, который необходимо установить на подшипнике крепления оси колесной пары.

Исполнительным устройством может быть достаточно мощный актуатор, частично сжимающий пружины подвески в случае необходимости перехода на другую жесткость.

Предлагаемая структура макета приведена на рисунке 2.

На рисунке 2 номерами обозначены следующие узлы:

1 – основание, которое может быть выполнено из стальных или ПВХ труб достаточной жесткости чтобы пружины не приводили к деформации каркаса, 2 – демпфирующая пружина, жесткость которой (в системе таких пружин предполагается три) будет изменяться с помощью привода 7. 3 – хомут крепления пружины к основанию, 4 – двигатель постоянного тока, который будет использоваться для создания резонанса, 5 – акселерометр, 6 – диск, симулирующий эксцентрик с закрепленным на нём грузом 9. 8 – стержень для захвата пружины, осуществляющий её сжатие приводом 7. 10 – втулка для крепления мотора на пружинный подвес.

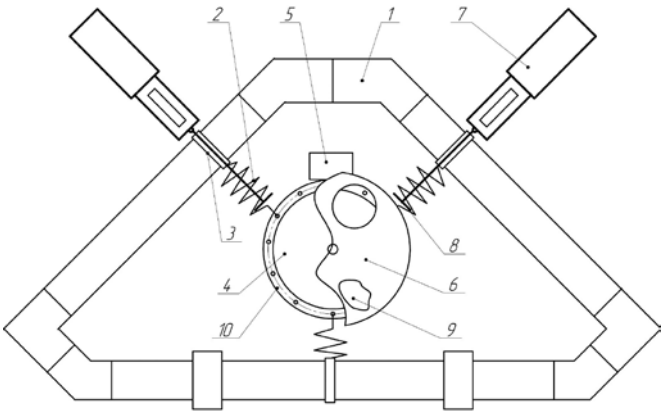


Рис. 2. Чертеж экспериментальной установки

В качестве акселерометра был взят доступный на рынке портативный модуль акселерометра-гироскопа ADXL345, подключенный по схеме на рис. 3 к отладочной плате Arduino UNO, которая в макете выполняет роль модуля контроля и управления [6, 7].

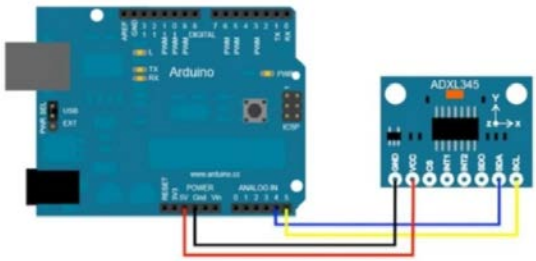


Рис. 3. Модули Arduino UNO и ADXL345

На основании рассмотренных ранее концепций был сконструирован экспериментальный стенд. На рис. 4. показан внешний вид системы без управляющих актуаторов.

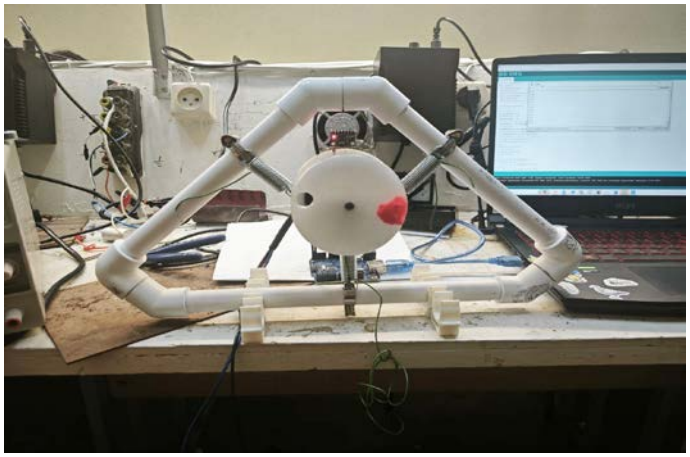


Рис. 4. Собранный стенд без актуаторов

При проведении эксперимента напряжение на двигателе изменялось с помощью лабораторного блока питания, что приводило к изменению скорости вращения вала и, следовательно, к изменению амплитуды вибраций системы на подвесе. Были сняты зависимости амплитуды перегрузок от скорости вращения при различных жесткостях пружин. График полученных зависимостей приведен на рис. 5.

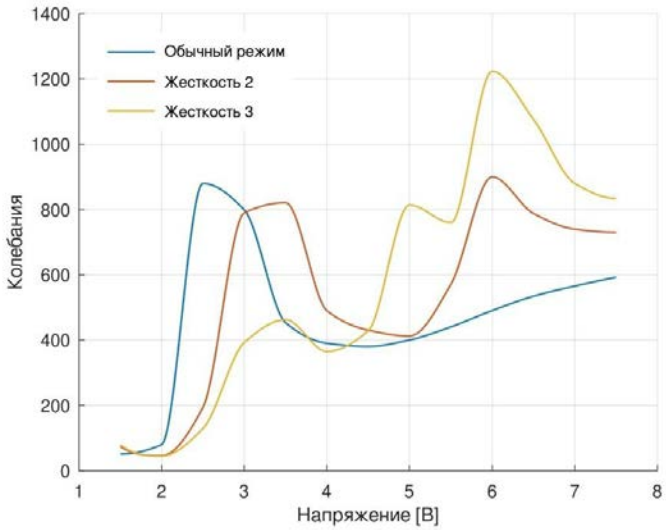


Рис. 5. Проявление резонанса при различной жесткости

Полученные графики позволили проанализировать параметры системы и составить программный код, осуществляющий автоматическую коррекцию жесткости пружин с помощью актуаторов.

Из графиков на рис. 5. явно видно, что при одном и том же грузе и одинаковых скоростях вращения жесткость пружин серьёзно меняет резонансные свойства. Так, при напряжении питания около 2,5 В на самых ослабленных пружинах (синий график) наблюдался ярко выраженный резонанс, в то время как на одной сжатой пружине из трёх (красный график) при том же напряжении (и, следовательно, той же скорости вращения) резонанс отсутствовал полностью. Однако видно, что ликвидация резонанса на низкой частоте вращения (желтый график, две полностью сжатые пружины из трёх) приводит к формированию резонанса в другой зоне графика, что означает, что предлагаемая автоматизированная система перестройки жесткости подвески имеет смысл и необходимо проводить дальнейшие исследования для её доработки и оптимизации.

Список литературы

1. Ахмадеева А.А. Вертикальная динамика вагона с учетом неровностей колеи / А.А. Ахмадеева, В.Е. Гозбенко, С.К. Каргапольцев // Системы. Методы. Технологии. – 2014. – № 3 (23). – С. 57-62.

2. Нехаев В. А. Взаимодействие вынужденных и параметрических возбужденных колебаний подвижного состава при движении по неравноупругому по протяженности пути с неровностями на поверхности катания рельсов // Известия Транссиба / Омский гос. унт путей сообщения. – Омск. – 2016. – № 3 (27). – С. 44 – 58.

3. Евсеев Д.Г. Исследование колебаний пассажирского вагона, оборудованного эластомерными демпферами / Д.Г. Евсеев, Ю.Н. Сарычев, С.В. Беспалько // Транспортное машиностроение. – 2022. – № 06(6). – С. 30-41.

4. Белоцерковский П. М. Взаимодействие гибкой колесной пары и рельсов с волнообразным износом // МИР ТРАНСПОРТА. – 2013. – № 2 (том 11). – С. 6-17.

5. Глушко М.И., Антропов А.Н. Работа пружинно-фрикционного комплекта тележки грузового вагона // Вестник ВНИИЖТ. – 2004. – №5. – С. 41–44.

6. ADXL345: Digital Accelerometer Data Sheet / Analog Devices, Inc. Текст: электронный // Analog Devices: [сайт]. – 2014. – URL: https://www.analog.com/en/products/adxl345.html (дата обращения: 24.04.2025).

7. Arduino UNO: Technical Specifications / Arduino AG. Текст: электронный // Arduino: [сайт]. – 2020. – URL: https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3 (дата обращения: 24.04.2025).

Баканов А.С.
студент,
Московский авиационный институт,
Россия, Москва
alexb0m@mail.ru
Егоров В.В.
старший преподаватель кафедры 704 «Информационно-управляющие комплексы ЛА»,
Московский авиационный институт,
Россия, Москва
vsem_dobra@bk.ru

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНТУРОМ ОТОПЛЕНИЯ МАЛОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА

Аннотация. Одной из основных проблем старых систем отопления является отсутствие автоматизированного управления. Актуальной научно-технической задачей становится разработка малобюджетного решения по модернизации старых электрических отопительных систем, без необходимости полной их замены. В рамках проведенных исследований была разработана система управления отоплением для домов (далее СУОД) с устаревшими электрическими котлами, обеспечивающая автоматическое регулирование температуры в жилых помещениях на базе контроллеров Arduino и ESP8266-01 без вмешательства в конструкцию существующего оборудования.

Для достижения указанной цели были решены следующие задачи: разработаны алгоритмы функционирования СУОД; разработана блочная структура и электрическая схема СУОД; разработан протокол информационного обмена между блоками управления и удаленного доступа СУОД; разработан Web-интерфейс взаимодействия пользователя с СУОД; разработано программное обеспечение блока управления и блока удаленного доступа СУОД; изготовлен опытный образец СУОД; проведены тестовые испытания опытного образца СУОД при различных температурах окружающей среды; проведены исследования и получены оценки технической и экономической эффективности СУОД.

Оценки технической и экономической эффективности СУОД по данным суточных мониторингов температуры в жилых помещениях показали существенное снижение энергозатрат на 30% и более.

Ключевые слова: система, отопление, энергопотребление, эффективность, микроконтроллеры.

Bakanov A.S.
Student
Moscow Aviation Institute
Russia, Moscow alexb0m@mail.ru
Egorov V.V.
Senior Lecturer of the Department 704
«Information and Control Systems for Aerospace Vehicles»
Moscow Aviation Institute
Russia, Moscow
vsem_dobra@bk.ru

DEVELOPMENT OF A HEATING CIRCUIT CONTROL SYSTEM FOR LOW-RISE RESIDENTIAL BUILDINGS

Abstract. One of the major problems of legacy heating systems is the lack of automated control. A relevant scientific and technical challenge is to develop a low-cost solution for upgrading outdated electric heating systems without the need for complete replacement. This study presents the development of a Heating Control System (hereinafter referred to as HCS) designed for residen-

tial buildings equipped with obsolete electric boilers. The system enables automatic temperature regulation in living areas using Arduino and ESP8266-01 controllers, without requiring any modifications to the existing hardware.

To achieve this objective, the following tasks were completed: development of HCS operation algorithms; design of the block structure and electrical circuit of the HCS; creation of a data exchange protocol between control units and the remote access module; development of a web interface for user interaction with the HCS; software development for the control and remote access units; construction of a prototype; experimental testing of the prototype under various ambient temperatures; and evaluation of the technical and economic performance of the HCS.

Daily temperature monitoring in living areas demonstrated that the HCS can significantly reduce energy consumption by 30% or more.

Keywords: system, heating, energy consumption, efficiency, microcontrollers.

Современная газификация сельских территорий в России сопровождается рядом ограничений, особенно при модернизации частных жилых домов, построенных в 1960–1980-х годах по каркасно-щитовой технологии. В межсезонье для поддержания температуры требуется обогрев, обычно с использованием устаревших электрических котлов мощностью 6–8 кВт, обладающих низкой эффективностью.

Одной из основных проблем старых систем отопления является отсутствие автоматизированного управления. При значительных температурных колебаниях (день/ночь) необходима ручная настройка, что не только снижает комфорт, но и ведёт к перерасходу электроэнергии. В то же время, современные системы управления отоплением, обеспечивающие обратную связь с датчиками температуры, как правило, не совместимы со старыми электрическими котлами из-за отсутствия соответствующего интерфейса.

Очевидным решением для повышения эффективности теплового оборудования является введение обратной связи: установка датчиков температуры в жилых помещениях и блока управления электрическим котлом, который на основании данных о температуре в жилом помещении осуществляет включение/выключение нагревателя. Однако, как правило, предлагаемые в открытой продаже образцы автоматических отопительных систем имеют достаточно высокую стоимость.

Таким образом, актуальной научно-технической задачей становится разработка малобюджетного решения по модернизации старых электрических отопительных систем, без необходимости полной их замены. В качестве базовых элементов такой системы целесообразно выбрать дешевые типовые микроконтроллеры, для которых существует широкая номенклатура бесплатного программного обеспечения для решения типовых задач управления.

В рамках проведенных исследований была разработана система управления отоплением для домов с устаревшими электрическими котлами (далее – СУОД), обеспечивающая автоматическое регулирование температуры в жилых помещениях (в том числе и дистанционно) на базе контроллеров Arduino и ESP8266-01 без вмешательства в конструкцию существующего оборудования.

Теоретические аспекты создания СУОД

Экспериментально в ходе суточного мониторинга работы существующей системы отопления до ее модернизации (см. рис. 1) были выявлены следующий негативные моменты:

- «зоны дискомфорта» (то есть временные интервалы, в течение которых температура в помещении выходила за пределы интервала комфортных температур) занимают свыше 80% времени работы;
- потребление энергии в эти периоды выхода за пределы интервала комфортных температур является неэффективным.



Рис 1. Ручной режим отопления
(среднесуточная температура снаружи +5 град.)

Для обеспечения эффективной энергосберегающей работы системы отопления дома СУОД были реализованы следующие алгоритмы управления.

Поэтапное включение/выключение ЭК и насоса

Трубчатые электронагреватели (ТЭН) ЭК во включенном состоянии имеют температуру, близкую к 100°С. Поэтому при одновременном включении «холодного» электрокотла и насоса будут нагревать в основном внутренние полости электрокотла и ближайших к нему участков отводящих труб. Кроме того, возникающие при включении насоса турбулентности снижают эффективность отдачи тепла ТЭН теплоносителю.

Поэтому, в целях повышения эффективности теплопередачи, алгоритмом работы СУОД предусматривается поэтапное включение / выключение электрокотла и насоса с разницей во времени (рис. 2).



Рис. 2. График режима работы

Температурный сдвиг порогов включения и выключения обогрева.

Значение измеренной температуры в жилом помещении передаются датчиком температуры по запросам, периодичность которых с учетом конструктивных особенностей датчика составляет порядка 1 с с погрешностью измерений 0,5 °С. Соответственно, в установившемся режиме поддержания заданной температуры в жилом помещении на вход блока управления с частотой ~1 Гц будут поступать значения измеренной температуры $t_ж$°. Таким образом, если оставить порог включения отопления равным $t_{зад}$°, то возможно возникновение колебательного процесса в работе электрокотла.

Чтобы избежать этого негативного явления, установлено смещение температурных порогов включения и выключения $t_{выкл}°$ электрокотла.

$$t_{вкл}{}^{o} = t_{выкл}{}^{o} - \Delta t^{o}$$

$$t_{выкл}{}^{o} = t_{зад}{}^{o}$$

где $t_{зад}°$ – заданная температура в жилом помещении, $\lambda t° = 0{,}5°C$.

При этом объем воздуха в жилом помещении выполняет функции интегратора в обратной цепи системы управления.

В целом для реализации поставленных задач в состав СУОД были разработаны следующие блоки (см. рис.3).

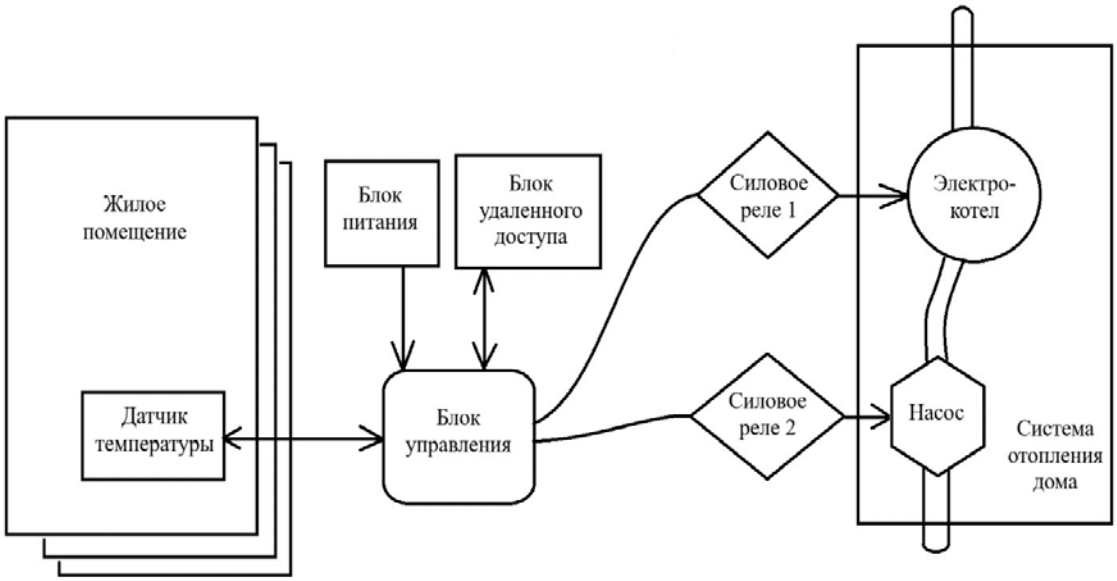


Рис. 3. Общая структура СУОД

Блок управления – реализует алгоритм работы СУОД в соответствии с установками режима обогрева дома, осуществляемыми пользователем локально с панели индикации и управления или удаленно через сеть Wi-Fi.

Блок удаленного доступа – подключает СУОД к сети Wi-Fi дома, запускает сервер удаленного доступа, на котором выводится информация о состоянии СУОД.

Лицевая панель СУОД – обеспечивает управление и индикацию режимов работы СУОД.

Силовые реле – по управляющим сигналам блока управления подключают к сети питания мощную нагрузку.

Для реализации функций удаленного управления системой отопления дома предусмотрена передача информационных сообщений и команд управления между блоком управления и блоком удаленного доступа. Для реализации алгоритмов работы СУОД и Web-интерфейса взаимодействия пользователя с СУОД разработано программное обеспечение на языке Arduino.

В ходе проведенных экспериментальных исследований СУОД были сняты показания счетчиков потребления электричества в ручном и автоматическом режимах управления (см. рис. 4).

Для оценки технической эффективности СУОД использовался коэффициент энергосбережения $k_э$, который характеризовал экономию энергии на отопление жилого дома:

$$k_э = \frac{(W_{\Sigma}^{исх} - W_0^{исх}) - (W_{\Sigma}^{СУОД} - W_0^{СУОД})}{W_{\Sigma}^{исх} - W_0^{исх}} \quad (1)$$



Рис 4. Энергопотребление системы отопления
(среднесуточная температура снаружи +5 град.)

Расчеты технической и экономической эффективности СУОД по данным суточных мониторингов температуры в жилых помещениях показали существенное снижение энергозатрат ($k_э$ > 0,4), что соответствует экономии затрат на отопление жилых помещений дома на 30% и более.

В рамках проведенных исследований была разработана система управления отоплением для домов с устаревшими электрическими котлами, обеспечивающая автоматическое регулирование температуры в жилых помещениях (в том числе и дистанционно) на базе контроллеров Arduino и ESP8266-01 без вмешательства в конструкцию существующего оборудования.

Для достижения указанной цели были решены следующие задачи:

- разработаны алгоритмы функционирования СУОД;
- разработана блочная структура и электрическая схема СУОД;
- разработан протокол информационного обмена между блоками управления и удаленного доступа СУОД;
- разработан Web-интерфейс взаимодействия пользователя с СУОД;
- разработано программное обеспечение блока управления и блока удаленного доступа СУОД;
- изготовлен опытный образец СУОД;
- проведены тестовые испытания опытного образца СУОД при различных температурах окружающей среды;
- проведены исследования и получены оценки технической и экономической эффективности СУОД.

Список литературы

1. Шварц Марко Интернет вещей с ESP8266: Пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2019. – 224 с.: ил. – (Электроника)

2. Петин В.А. Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016 – 320 с.: ил. – (Электроника)

3. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 464 с.: ил. – (Электроника)

Логунова Е.А.
аспирант,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
e.a.logunova@mospolytech.ru

СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Аннотация. В данной статье рассматриваются особенности организации управления группой беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), существующие и перспективные методы организации взаимодействия БПЛА в составе одной группировки при выполнении различных задач и т.д.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, БПЛА, роевое управление, дрон.

Logunova E.A.
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
e.a.logunova@mospolytech.ru

STRATEGIES FOR MANAGING A GROUP OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Abstract. This article discusses the features of the organization of the management of a group of unmanned aerial vehicles (UAVs), existing and promising methods of organizing the interaction of UAVs as part of one grouping when performing various tasks in search and rescue missions.

Keywords: unmanned aerial vehicles, UAVs, swarm control, drone.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА), или дроны, представляют собой автономные или дистанционно управляемые летательные средства, обладающие широким спектром применения благодаря своей универсальности, доступной стоимости и легкости в развертывании [1].

Актуальность темы обусловлена ростом применения БПЛА в различных сферах: военной, гражданской, коммерческой и научной, а также необходимостью обеспечения их эффективного, безопасного и надежного функционирования в условиях совместной работы [2].

Научная значимость исследования стратегий управления группой БПЛА заключается в обзоре и систематизации методов координатного управления, алгоритмов коллективных решений, а также механизмов взаимодействия и координации между дронами.

Обзор литературы показывает, что в последние годы значительный интерес уделяется разработке стратегий коллаборативного управления. Современные подходы включают использование алгоритмов распределенного управления [3], теории графов [4], искусственного интеллекта, машинного обучения [5] и систем принятия решений, что позволяет повысить эффективность групповой работы, устойчивость к отказам [6] и адаптивность системы.

Ограничения, присущие отдельным БПЛА, создают сложности при выполнении продолжительных задач, таких как охват обширных территорий и своевременная передача важной информации. Для повышения эффективности выполнения этих задач дроны все чаще применяются не поодиночке, а в составе организованных групп, которые можно назвать роем или стаей [7].

1. Стратегии управления группой роботов

Выбор той или иной стратегии группового управления определяет и структурную организацию соответствующей системы группового управления роботами.

Различные стратегии группового управления показаны на рисунке 1.



Рис. 1. Стратегии группового управления

Централизованная стратегия группового управления включает центральное устройство управления (ЦУУ), принимающее единоличные решения. Центральная иерархическая стратегия допускает несколько уровней ЦУУ, где первый уровень управляет вторым.

Децентрализованная коллективная стратегия не имеет центрального управления, но включает канал обмена информацией, позволяющий объектам координировать действия для достижения общей цели.

Роевая стратегия подходит для массовых групп, таких как «облака» микроботов, где каждый объект выполняет простейшие действия и обменивается информацией с ближайшими соседями.

Стайная стратегия отличается тем, что в группе нет ни командира, ни прямого канала связи; объекты получают информацию о действиях других через изменения в окружающей среде.

Принцип централизованного управления: один центральный компьютер или система управления контролирует все дроны в группе. Он получает данные от каждого дрона, вычисляет оптимальные траектории и отправляет команды [8].

В централизованной системе группа БПЛА рассматривается как единый объект управления. Система управления включает центральное устройство и каналы связи с каждым роботом, который постоянно передает информацию о своем состоянии и окружающей среде. На основе этих данных система формирует действия для достижения целей группы, которые затем передаются БПЛА для выполнения. Цикл повторяется с учетом новой информации до достижения общей цели.

При централизованной организации БПЛА выполняют либо команды от системы, как при дистанционном управлении, либо разрабатывают действия для достижения промежуточных целей (Рис. 2, [9]). Оператор может управлять полетом и обмениваться информацией с каждым БПЛА или только с «ведущим» аппаратом, который передает команды остальным (Рис. 3, [9]).

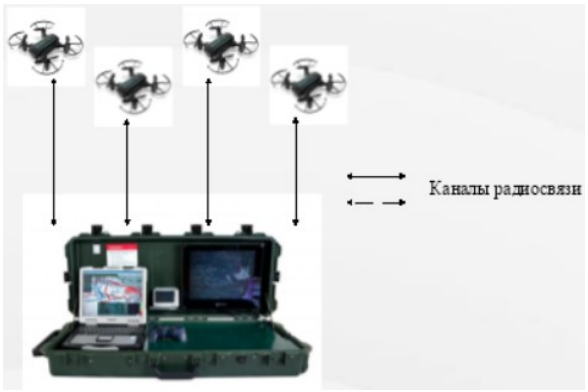


Рис. 2. Способ централизованного управления группой БПЛА

Преимущества централизованных систем управления (СГУ) включают простоту организации на начальных этапах, возможность глобальной оптимизации задач и облегчение координации для предотвращения столкновений.

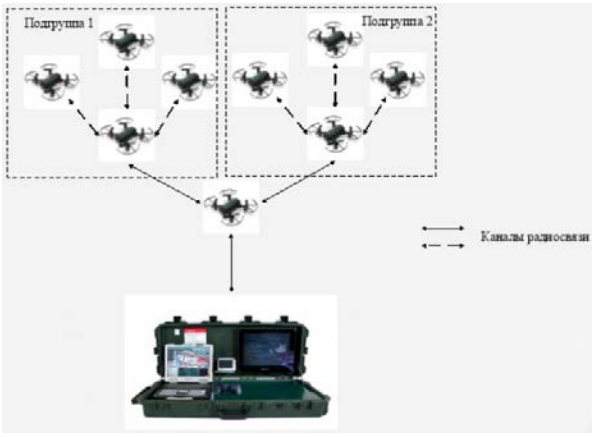


Рис. 3. Способ централизованного управления группой БПЛА с «ведущим»

Недостатки заключаются в сложности взаимодействия группы в динамичной среде, наличии единой точки отказа (выход из строя центрального контроллера приводит к сбоям всей системы), трудностях с масштабируемостью при добавлении новых дронов, высоких требованиях к пропускной способности связи и возможных задержках, которые могут вызвать ошибки управления.

Применение: подходит для небольших групп дронов с простыми задачами и надежной связью.

Децентрализованное управление

Децентрализованные (распределенные) системы группового управления не имеют указанных недостатков, так как каждый БПЛА принимает решения на основе локальной информации и взаимодействия с соседями, без необходимости центрального координатора.

Существует три стратегии управления: коллективная, стайная и роевая (рис. 4). В системах коллективного и стайного управления каждый дрон имеет свою систему управления, объединенную через информационный канал. В первом случае информация о действиях передается всем участникам, что позволяет корректировать действия для достижения общей цели. Во втором случае дроны координируют свои действия, анализируя реакцию среды на действия всей группы, без обмена информацией.

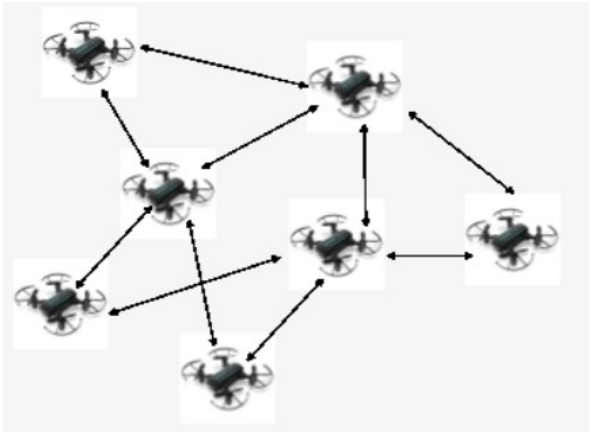


Рис. 4. Схема взаимодействия БЛА при децентрализованном (роевом) управлении

Преимущества децентрализованных СГУ включают высокую надежность, устойчивость к отказам, легкость масштабирования, снижение требований к пропускной способности и адаптивность к изменениям.

Недостатки связаны с сложностью реализации, менее точной координацией и возможными конфликтами в сложных средах.

Применение: подходит для больших групп дронов, сложных задач и условий, в которых связь может быть нестабильной.

Иерархическое управление

Иерархическая организация систем управления (СГУ) используется для управления большими группами БПЛА, выполняющими одну крупную задачу, которую можно разбить на несколько подзадач. Если в группе есть подгруппы дронов для выполнения этих подзадач, иерархическая структура становится наиболее эффективной. Она может сочетать элементы централизованных и распределенных систем, обеспечивая комбинированный подход. В хорошо организованных средах, таких как авиашоу, может преобладать централизованный подход [10].

Преимущества иерархической организации включают высокую надежность и возможность управления разнообразными группами БПЛА. Недостатки связаны с более сложной организацией информационного обмена и высокими требованиями к вычислительным ресурсам для управления подгруппами. Выбор стратегии управления зависит от ключевых аспектов управления.

Практическая значимость. Правильно выбранная стратегия управления группой БПЛА позволяют наиболее эффективно использовать ресурсы (заряды аккумуляторов, временные ресурсы, аппаратные вычислительные ресурсы БПЛА и навесное оборудование) и оперативно распределять поступающие в режиме реального времени новые транспортные задачи между отдельными аппаратами группы непосредственно в процессе выполнения заданий.

Управление группами БПЛА – сложная и динамично развивающаяся область. Выбор стратегии управления зависит от конкретной задачи, размера группы БПЛА и условий эксплуатации. Дальнейшие исследования и разработки направлены на создание более автономных, интеллектуальных и надёжных систем управления, способных решать широкий спектр задач в различных областях.

Список литературы

1. Довгаль В.А., Довгаль Д.В. Модель взаимодействия анализирующих туманнооблачных вычислений для обработки информации о положении беспилотных летательных аппаратов // Осенние математические чтения в Адыгее: материалы III междунар. науч. конф. Майкоп, 2019. С. 149–154.

2. Довгаль В.А., Довгаль Д.В. Использование интернета вещей для охраны окружающей среды // Фундаментальные и прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий: материалы V междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. Майкоп: Изд-во Кучеренко В.О., 2019. С. 152–157.

3. Фоккинк Уон, Распределенные алгоритмы. Интуитивный подход (2017) / Wan Fokkink, Distributed Algorithms: An Intuitive Approach (2013). 272 с.

4. M. Zhang, Z. Liu, Y. Wang, «Distributed control of multi-agent systems with graphbased communication topology: A review» IEEE Transactions on Cybernetics, 2021.

5. T. Li, H. Shen, «Deep reinforcement learning for multi-agent systems: A review» IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 2020.

6. Zeng Y., Zhang R., Lim T.J. Wireless communications with unmanned aerial vehicles: Opportunities and challenges // IEEE Communication Magazine. 2016. Vol. 54. P. 36–42.

7. Довгаль В.А., Довгаль Д.В. Анализ систем коммуникационного взаимодействия дронов, выполняющих поисковую миссию в составе группы // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер.: Естественно-математические и технические науки. 2020. Вып. 4 (271). С. 87–94. URL: http://vestnik.adygnet.ru.

9. Мустаев А.Ф., СРАВНЕНИЕ ВИДОВ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗОВАННОЙ ГРУППОЙ РОБОТОВ // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ» № 7 (16). Т.2. ИЮЛЬ 2019 г. стр. 64-67.

10. Мустаев А.Ф., Стратегии управления роем беспилотных летательных аппаратов // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ» № 3 (12) Т.5.

Секция 5
ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Абрамов Ю.Н.
к.т.н., доцент кафедры ЭМТП,
ФГБОУ ВО РГАТУ,
Россия, Рязань
university@rgatu.ru
Бачурин А.Н.
к.т.н., доцент, декан инженерного факультета,
ФГБОУ ВО РГАТУ,
Россия, Рязань
bachurin62@mail.ru
Жирков Е.А.
преподаватель ФДП и СПО кафедры ЭМТП,
ФГБОУ ВО РГАТУ,
Россия, Рязань
evgenii030780@mail.ru
Угланов М.Б.
д.т.н., профессор, профессор кафедры ЭМТП,
ФГБОУ ВО РГАТУ,
Россия, Рязань
university@rgatu.ru
Нагаев Н.Б.
к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение»,
ФГБОУ ВО РГАТУ,
Россия, Рязань
nikolas_burdisso@mail.ru

НАКЛОННЫЙ СЕПАРИРУЮЩИЙ РАБОЧИЙ ОРГАН ЭЛЕВАТОРА КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

Аннотация. Наклонный сепарирующий рабочий орган уборочной машины, содержащий раму, ведущий и ведомый валы с охватывающим их бесконечным прутковым полотном, под рабочей ветвью которого расположен ее встряхиватель, выполненный из нескольких приводных эксцентриковых роликов с обечайкой. На раме между несущими ведущим и ведомым валами установлены приводные эксцентриковые ролики, имеющие индивидуальные мотор-колеса, которые связаны с управляющими блоком (компьютером) и согласованы по частоте вращения.

Цель работы – снижение повреждаемости клубней картофеля и улучшение процесса крошения клубненосного пласта, сепарации и транспортирующей способности элеватора.

Поставленная цель достигается тем, что рабочая поверхность выполнена в виде бегущей волны за счет установки встряхивателей в виде эксцентриковых роликов, снабженных мотор-колесами, расположенными под рабочей ветвью пруткового полотна, образующие волновую поверхность.

Ключевые слова: сепарирующий, рабочий орган, элеватор, эксцентриковый ролик, мотор-колесо, обечайка, ведущий и ведомый валы.

Abramov Yu.N.
candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the EMTP Department
FSBEI HE RGATU
Russia, Ryazan
university@rgatu.ru
Bachurin A.N.
candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Engineering
FSBEI HE RGATU
Russia, Ryazan
bachurin62@mail.ru
Zhirkov E.A.
Lecturer of the FDP and SPO of the EMTP Department
FSBEI HE RGATU
Russia, Ryazan
evgenii030780@mail.ru
Uglanov M.B.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the EMTP Department
FSBEI HE RGATU
Russia, Ryazan
university@rgatu.ru
Nagayev N.B.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Power Supply»
FSBEI HE RGATU
Russia, Ryazan
nikolas_burdisso@mail.ru

INCLINED SEPARATING WORKING ELEMENT OF THE POTATO HARVESTER ELEVATOR

Abstact. Inclined separating working element of the harvester, comprising a frame, leading and driven shafts with an endless rod web covering them, under the working branch of which its shaker is located, made of several driven eccentric rollers with a shell. Drive eccentric rollers with individual motor wheels are installed on the frame between the supporting leading and driven shafts, which are connected to the control unit (computer) and coordinated in rotation frequency.

The purpose of the work is to reduce the damage of potato tubers and improve the process of crumbling the tuber layer, separation and transport capacity of the elevator.

The stated objective is achieved by the fact that the working surface is made in the form of a running wave due to the installation of shakers in the form of eccentric rollers equipped with motor wheels located under the working branch of the rod web, forming a wave surface.

Keywords: separating, working element, elevator, eccentric roller, motor wheel, shell, driving and driven shafts.

Картофель является одной из основных овощных культур, который возделывается в различных климатических регионах и на различных почвах. Он возделывается, как на легких почвах и ровных поверхностях, так и на тяжелых суглинках. Основным способом уборки картофеля является использование подкапывающего лемеха для подрезания пласта почвы с клубнями. Клубни вместе с почвой и остатками ботвы поступают на элеватор картофелеуборочной машины. На легких песчаных почвах отделение клубней от субстрата не вызывает трудностей. Однако, при уборке урожая на черноземе могут образовываться комья соизмеримые по своим размерам с корнеплодами. В этом случае требуется дополнительная сепарация с использованием дополнительных ресурсов и оборудования, что приводит к дополнительным трудозатратам и увеличению себестоимости продукции.

При работе картофелеуборочной машины, скорости эксцентриковых роликов меняются и образуется волнообразное движение полотна в зависимости от веса картофельного вороха.

При поступательном движении клубненосного пласта по наклонному сепарирующему элеватору возникают колебания, которые передаются комьям почвы и при достаточной силе воздействия происходит их разрушение. Мгновенная энергия увеличивается и уменьшается, тогда, как средняя остается постоянной. Более полную информацию о взаимодействии встряхивателя с поверхностным слоем почвы можно получить путем математического моделирования.

Известен сепарирующий транспортер уборочной машины, содержащий раму, каскадное элеваторное полотно, ведущие и ведомые звездочки с образованием каскадов полотна посредством обводных роликов, причем обводные ролики связаны с механизмом их перемещения вдоль оси транспортера и установлены с возрастающим расстоянием [SU 1366093 A1, МПК A01D 33/08].

Недостатком данного рабочего органа является то, что при движении пласта по транспортеру возможно сгруживание почвы из-за высокого угла подъема каскадов полотна элеватора на обводных роликах, что может привести к повреждениям корнеклубнеплодов. Кроме того, отсутствие подбрасывания почвенного пласта затрудняет переориентацию компонентов почвенного пласта, что ухудшает сепарацию мелкой почвы.

Наиболее близким по технической сущности является наклонный сепарирующий рабочий орган уборочной машины, принятый за прототип, содержащий раму, несущую ведущее и ведомое звенья с охватывающим их бесконечным прутковым полотном, под рабочей ветвью которого размещен ее встряхиватель (патент № 2209539 • A01D 33/08 (2000.01)). На раме, между несущими ведущим и ведомым звеньями, имеется установленное промежуточное несущее звено. Полотно опирается на две направляющие, расположенные с двух сторон и подвешенные к раме параллелограммной подвеской с нижним расположением подвески. При этом последние имеют возможность регулирования места крепления к раме по высоте. Направляющие в рабочем положении опираются на кулачки вала встряхивателя.

К недостаткам этого устройство можно отнести: травмирование клубней в силу подбрасывания значительного участка полотна элеватора вместе с клубненосным пластом возникают большие затраты мощности, а также возможно скатывание клубней назад по элеватору, что приводит к сгруживанию пласта.

Схема картофелеуборочной машины представлена на рис. 1 и 2 с устройством наклонного сепарирующего рабочего органа.

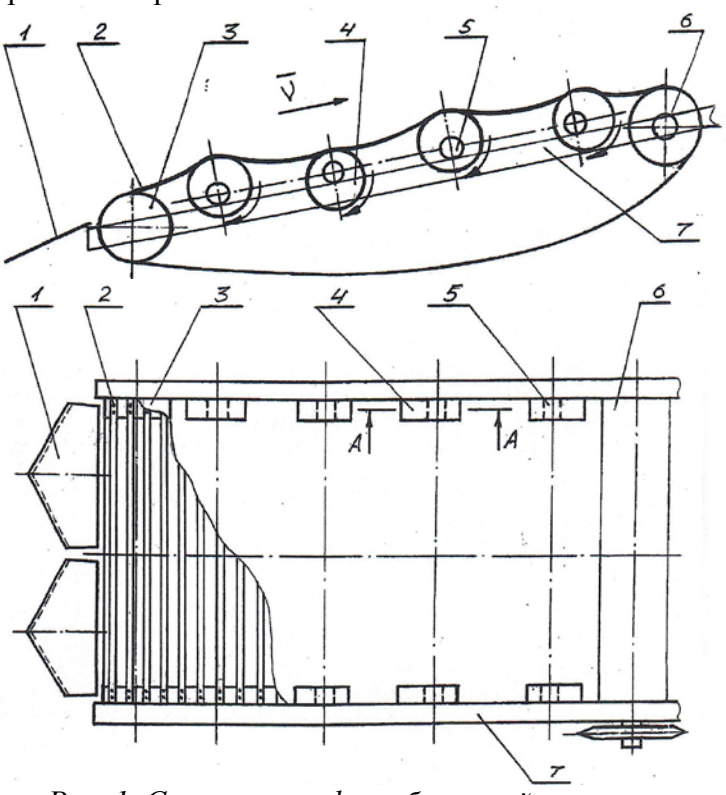


Рис. 1. Схема картофелеуборочной машины:
1 – лемех; 2 – прутковое полотно; 3 – передний ведомый вал; 4 – эксцентриковый ролик; 5 – мотор-колесо; 6 – задний ведущий вал; 7 – рама

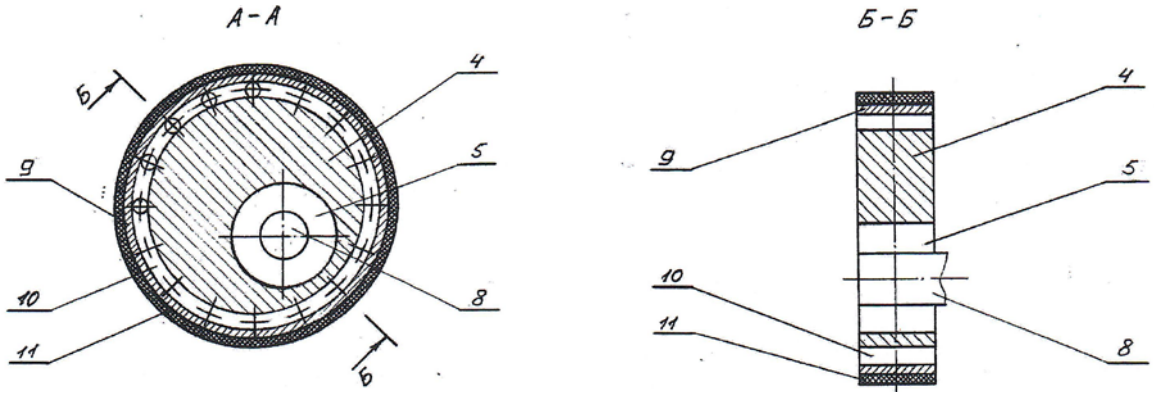


Рис. 2. Эксцентриковый ролик с мотор-колесом в разрезе:
4 – эксцентриковый ролик; 5 – мотор-колесо; 6 – задний ведущий вал;
8 – ось мотор-колеса; 9 – обечайка; 10 – подшипник; 11 – резиновое покрытие

Наклонный сепарирующий рабочий орган уборочной машины включает лемеха 1, прутковое бесконечное полотно 2, которое охватывает передний ведомый вал 3 и задний ведущий вал 6. Под полотном расположены встряхиватели, выполненные в виде приводных эксцентриковых роликов 4 с обечайкой 9, которые установлены на раме 7. Эксцентриковые ролики 4 снабжены индивидуальными мотор-колесами 5 и связаны с управляющим блоком (компьютером) и представлены на фиг. 3 и 4. Обечайка 9 имеет резиновое покрытие 11 и установлена на подшипнике 10.

При работе картофелеуборочной машины (рис. 1 и 2) клубненосный пласт с лемеха 1 подается на прутковое бесконечное полотно 2 сепарирующего рабочего органа. При передвижении клубненосного пласта встряхиватели, выполненные в виде приводных эксцентриковых роликов 4 подбрасывают полотно. Приводные эксцентриковые ролики с обечайкой 9 обеспечивают подбрасывание полотна в форме волны. Индивидуальные мотор-колеса 5 с управляющим блоком (компьютером) обеспечивают движение волны полотна вдоль движения элеватора за счет изменения частоты вращения с учетом эксцентриситета ролика и жесткости полотна. Для обеспечения контакта ролика с полотном обечайка имеет резиновое покрытие 11 и установлена на подшипнике 10.

Так как скорости эксцентриковых роликов меняются независимо друг от друга и образуют волнообразное движение полотна с клубненосным пластом, то в процессе работы происходит встряхивание, крошение и более качественное отделение клубней картофеля от почвы в результате ее просеивания через прутковое полотно.

Таким образом, наклонный сепарирующий рабочий орган уборочной машины, содержащий раму, ведущий и ведомый валы с охватывающим их бесконечным прутковым полотном, под рабочей ветвью которого расположен ее встряхиватель, отличается тем, что встряхиватель выполнен из нескольких приводных эксцентриковых роликов с обечайкой, которые снабжены индивидуальными мотор-колесами.

В свою очередь приводные эксцентриковые ролики связаны с управляющим блоком (компьютером), а также согласованы по частоте вращения.

Список литературы

1. Исследование взаимодействия подпружиненного лемеха с частицей почвенного пласта, основанное на решении уравнения Лагранжа второго рода / Юдаев Ю.А., Абрамов Ю.Н., Иванкина О.П., Угланов М.Б., Байгильдеева Е.И. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18. № 3 (71). С. 117-123.

2. Математическое моделирование работы подпружиненного лемеха картофелеуборочного комбайна Абрамов Ю.Н., Костенко М.Ю., Угланов М.Б., Юдаев Ю.А. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2022. Т. 14. № 4. С. 106-113.

3. Особенности уборки картофеля / М. Н. Калимуллин, Д. М. Исмагилов, Р. Р. Багаутдинов, М. З. Салимзянов // Проблемы развития малого и среднего бизнеса на селе в условиях

цифровой трансформации экономик: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского ГАУ, Казань, 24–25 марта 2022 года. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. С. 156-162

4. Лабораторно-полевые исследования модернизированной ботвоуборочной машины БД-4М Угланов М.Б., Иванкина О.П., Попов А.С., Бышов Д.Н., Абрамов Ю.Н. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 78. С. 403-412.

5. Оценка перспективной технологической схемы картофелеуборочного комбайна / И. А. Успенский, Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко, Р. В. Безносюк // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1(49). – С. 262-269. – DOI 10.32786/2071-9485-2018-01-262-269

6. Методика настройки картофелеуборочного комбайна / М. Ю. Костенко, А. Н. Шапошников, Н. А. Костенко, И. Н. Горячкина // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 11. – С. 45-48.

7. Optimization of the energy consumption of the shredder of the tops for the sustainable development of agriculture / Y. N. Abramov, S. N. Borychev, M. Y. Kostenko [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volgograd, 12–14 мая 2021 года. – Volgograd, 2022. – P. 012001. – DOI 10.1088/1755-1315/965/1/012001.

8. Improvement of the working bodies of the harvesting machines by means of the use of composite materials / N. Zhbanov, N. Byshow, N. Kostenko [et al.] // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. – P. 00191. – DOI 10.1051/bioconf/20201700191

Албагачиев А.Ю.
д.т.н., профессор, зав. отделом «Трение, износ, смазка. Трибология»,
ИМАШ РАН,
Россия, Москва
Albagachiev@yandex.ru
Карцев И.С.
младший научный сотрудник лаборатории узлов трения для экстремальных условий,
ИМАШ РАН,
Россия, Москва
Johnkarcev@gmail.com

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗНАШИВАНИЯ В КОНИЧЕСКИХ МЕЛЬНИЦАХ

Аннотация. Эксплуатационная надёжность оборудования для производства комбикормов во многом определяется физико-механическими свойствами рабочих поверхностей деталей, подверженных интенсивному изнашиванию. С начала 2000-х годов в российском агропромышленном комплексе значительно возросла доля импортного перерабатывающего оборудования. Однако его использование связано с рядом технико-экономических рисков, особенно в современных условиях эксплуатации. Наибольшую нагрузку испытывают жернова мельниц, используемых для дробления и измельчения зерна. Износ рабочих поверхностей приводит к преждевременной выбраковке жерновов при сохранении остаточного ресурса других узлов оборудования. При этом износостойкость жерновов ограничивает как общий эксплуатационный ресурс мельницы, так и межремонтные интервалы, а затраты на восстановление изношенных деталей зачастую превышают стоимость новых комплектующих. В этой связи разработка эффективной методики оценки степени изнашивания жерновов конического типа является актуальной задачей, направленной на повышение эффективности эксплуатации и снижение затрат на ремонт технологического оборудования.

Ключевые слова: моделирование, размол зерна, мельницы, износ.

Albagachiev A.Yu.
Doctor of Technical Sciences, Professor Head of the Department «Friction, Wear, Lubrication. Tribology»
IMASH RAN
Russia, Moscow
Albagachiev@yandex.ru
Kartsev I.S.
Junior Researcher, Laboratory of Friction Units for Extreme Conditions
IMASH RAN
Russia, Moscow
Johnkarcev@gmail.com

WEAR MODELING IN CONICAL MILLS

Abstact. The operational reliability of feed production equipment is largely determined by the physical and mechanical properties of the working surfaces of parts subject to intensive wear. Since the early 2000s, the share of imported processing equipment has increased significantly in the Russian agro-industrial complex. However, its use is associated with a number of technical and economic risks, especially in modern operating conditions. The greatest load is experienced by millstones used for crushing and grinding grain. Wear of the working surfaces leads to premature rejection of millstones while maintaining the residual life of other equipment components. At the same time, the wear resistance of the millstones limits both the overall service life of the mill and the intervals between repairs, and the costs of restoring worn parts often exceed the cost of new components. In this regard, the development of an effective method for assessing the degree of wear of conical millstones is an urgent task aimed at increasing the operating efficiency and reducing the costs of repairing process equipment.

Keywords: modeling, grain grinding, mills, wear.

Эксплуатационная надежность технологического оборудования для приготовления комбикормов зависит от физико-механических свойств рабочих поверхностей деталей, где развиваются процессы изнашивания. Начиная с двухтысячных годов, неуклонно растет доля перерабатывающего оборудования агропромышленного комплекса зарубежного производства, используемого российскими компаниями. При этом использование импортного технологического оборудования сопряжено с целым рядом технико-экономических рисков и сложностей, особенно в современных условиях эксплуатации. К таким наиболее нагруженным деталям в первую очередь относятся жернова мельниц для дробления и измельчения зерна. Износ рабочих поверхностей жерновов ведет к их выбраковке, тогда как остаточные конструктивно-технологические характеристики в целом еще номинальные. Вместе с тем, износостойкость рабочей поверхности жернова зачастую ограничивает не только эксплуатационный ресурс мельницы, но и межремонтный ресурс, а затраты на ремонт, многократно превышают стоимость новых деталей. Таким образом, задача разработки методики оценки изнашивания жерновов мельниц конического типа актуальна, особенно в современных условиях [3-5]. Основной целью настоящего исследования является разработка методики определения износа деталей мельниц с жерновами конического типа.

В данной методике используется метод испытаний на абразивное изнашивание при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы. Для оценки износостойкости в конкретных условиях изнашивания предлагается использовать экспериментальный стенд [1] представленный на рисунке 1. Метод основан на сравнении износостойкости материалов при трении об абразивные частицы, подаваемые в зону контакта в одинаковых условиях. Износ исследуемого материала сопоставляется с износом эталонного образца. Для оценки износа жерновов конических мельниц применяется метод анализа отпечатков. [7-8]. Метод заключается в том, что на рабочую поверхность подвижного жернова конического типа наносят углубление с помощью алмазного наконечника прибора для определения твердости. Алмаз-

ный наконечник прибора имеет пирамидальную форму. Угол при вершине между противолежащими гранями пирамиды составляет 136°. Схема измерения износа на рабочей поверхности жернова конического типа представлена на рисунке 2.

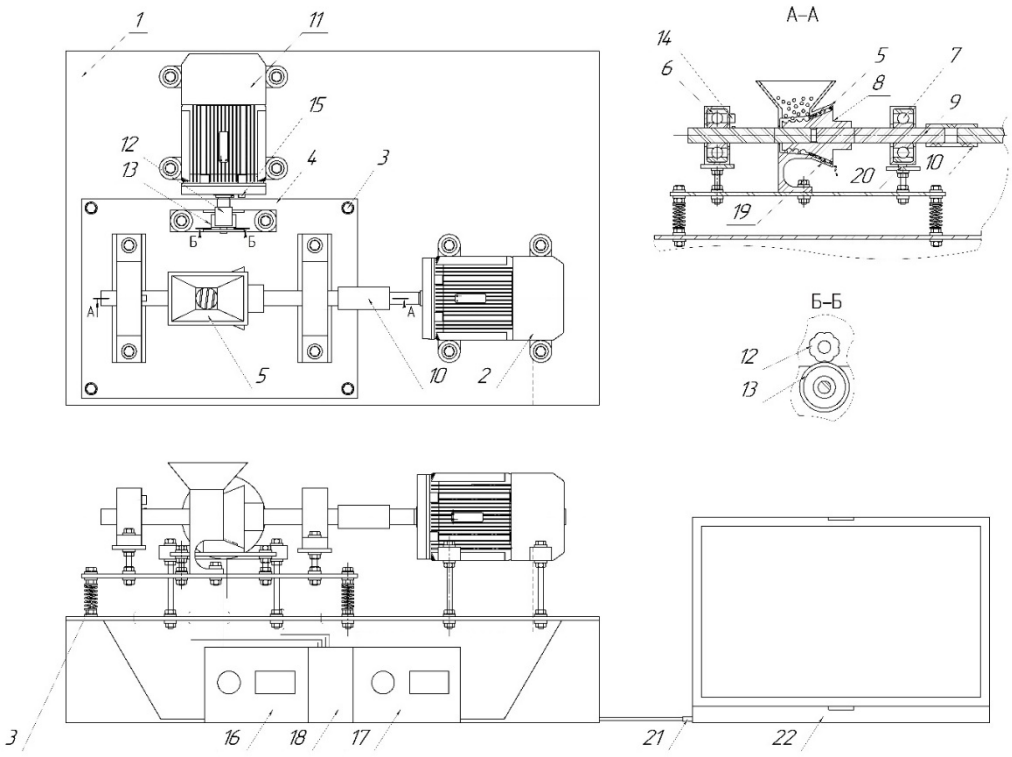


Рис. 1. Стенд для проведения испытаний: на изнашивание:
1 – рама; 2 – электрический коллекторный двигатель; 3 – пружинные крепежные элементы; 4 – подвижная платформа; 5 – неподвижный корпус; 6 – горизонтальный вал; 7,8 – подшипники скольжения; 9 – зерно; 10 – соединительная муфта; 11 – электрический коллекторный двигатель; 12 – зубчатая поверхность; 13 – толкатель; 14,15 – датчики оборотов; 16,17 – пульты управления; 18 – микроконтроллер; 19 – датчик температуры; 20 – тензометрический датчик усилия; 21 – USB кабель; 22 – персональный компьютер

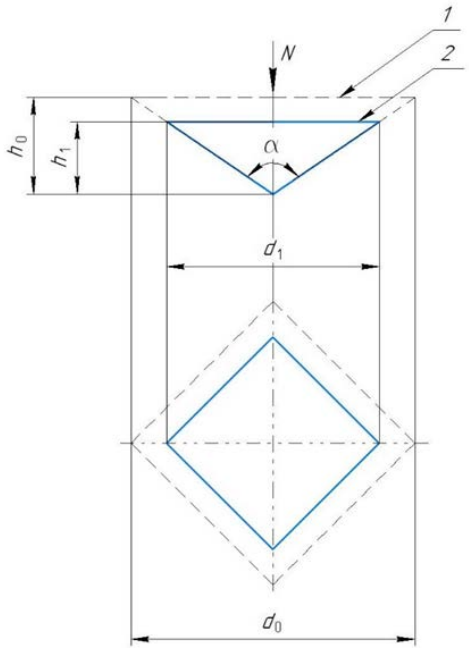


Рис. 2. Схема измерения износа на рабочей поверхности жернова конического типа:
1 – поверхность трения до изнашивания; 2 – поверхность трения после изнашивания

Износ определяется по изменению длины диагонали отпечатка в результате изнашивания рабочей поверхности по выражению:

$$И = h_0 - h_1 = 1 / 2\ (\text{ctg}\alpha/2)(d_0 - d_1\ ), \quad (1)$$

где И – износ рабочей поверхности жернова; d_0 – длина диагонали отпечатка до изнашивания; d_1 – длина диагонали отпечатка после изнашивания; h_0 – глубина отпечатка до изнашивания; h_1 – глубина отпечатка после изнашивания; α – угол между противолежащими плоскостями отпечатка.

Диагональ отпечатка на рабочей поверхности жернова конического типа измеряют с помощью микроскопа с градуированным окуляром.

Принципиальная схема проведения испытаний на изнашивание жерновов конического типа представлена на рисунке 3.

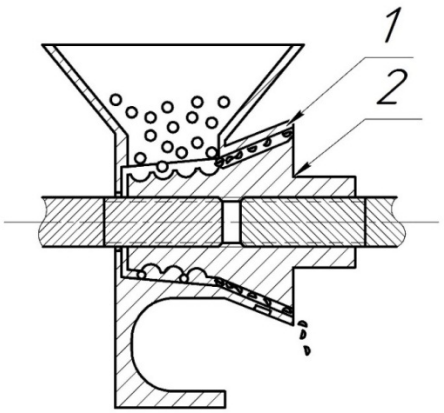


Рис. 3. Принципиальная схема проведения испытаний на изнашивание:
1 – неподвижный жернов конического типа с горловиной для абразивного материала;
2 – подвижный жернов конического типа

Конструктивной особенностью схемы является выполнение подвижного и неподвижного жерновов в форме конуса. Подвижный жернов выполнен в виде усечённого конуса и жёстко закреплён на ведущем валу. Общее изображение подвижного конического жернова представлено на рисунке 4.

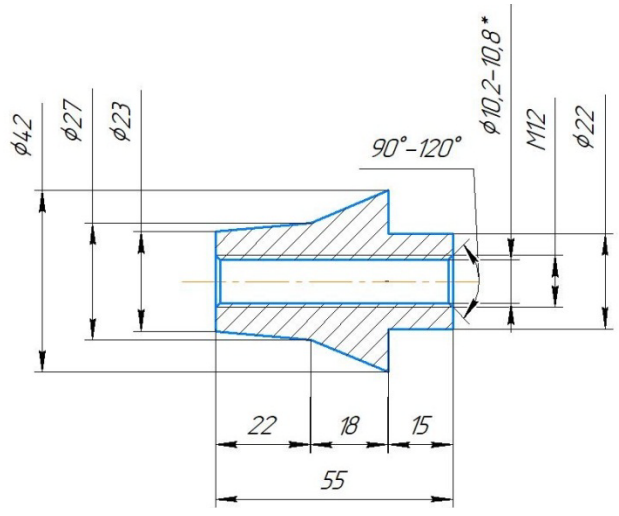


Рис. 4. Общий вид подвижного жернова конического типа

Таким образом, разработанная методика проведения испытаний на изнашивание жерновов мельниц конического типа позволяет проводить исследования при различных режимах работы в условиях приближенных к реальным.

Экспериментальную проверку разрушения зерна в мельницах проводили по методике, особенности которой приведены ниже. Проводили ряд запланированных замеров, первый до испытаний и второй после испытаний. Используя метод отпечатков до начала эксперимента,

было проведено предварительное измерение отпечатка на поверхности. Исходные отпечатки позволили зафиксировать первоначальные механические характеристики материала и состояние его поверхности.

После проведения эксперимента снова были сняты отпечатки с поверхности жерновов, и по изменению диагонали отпечатка измеряли степень изнашивания. Относительное уменьшение диагонали отпечатка указывает на повышенный износ поверхности жерновов.

Метод анализа изменения диагонали отпечатка позволил точно зафиксировать начальное состояние поверхности жерновов до эксперимента и их конечное состояние после взаимодействия с размалываемым материалом. Данная методика позволяет выявить оптимальные режимы работы, обеспечивающие минимальный износ рабочих органов. Измерение проводилось по трем отпечаткам, которые затем усреднялись. Интерфейс компьютерной программы по измерению отпечатка на рабочей поверхности образца представлен на рисунке 5. Получили следующие данные:

- до эксперимента длина диагонали составила – 0,084 мм;
- после эксперимента длина диагонали составила – 0,062 мм.

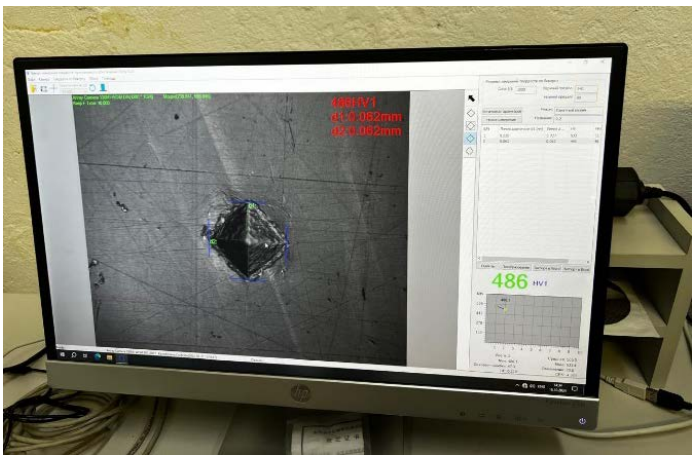


Рис. 5. Общий вид подвижного жернова конического типа

Анализ полученных результатов показал, что износ рабочей поверхности образца составил 0,044 мм. Предложенная методика наиболее эффективна при определении износа деталей конического типа.

Список литературы

1. Албагачиев А. Ю., Карцев И. С. Стенд для проведения испытаний конусообразных образцов на изнашивание: пат. на полезную модель RU 226914 U1 Россия. № 2023134103; заявл. 20.12.2023; опубл. 28.06.2024.

2. Бахвалов Н. С. Численные методы: учебник для вузов. М.: Наука, 2002. 528 с.

3. Воронцов А. Л., Албагачиев А. Ю., Султан-заде Н. М. Теоретические основы обработки металлов в машиностроении. Старый Оскол: ТНТ, 2013. 552 с.

4. Иванов И. П., Петрова С. А. Поверхностные характеристики и износ деталей машин. М.: Машиностроение, 2010. 376 с.

5. Коновалов В. И., Смирнов А. Ю. Конические мельницы для измельчения зерновых культур: теория и практика эксплуатации // Аграрная наука. 2015. № 4. С. 25–29.

6. Кравченко И. Н., Карцев С. В. [и др.]. Исследования механических свойств сельскохозяйственных материалов с резко выраженной анизотропией структуры // Инновации в АПК: Проблемы и перспективы. 2021. № 3 (31). С. 17–25.

7. Смирнов А. Н. Методы оценки износа рабочих поверхностей оборудования // Вестник машиностроения. 2018. № 11. С. 60–64.

8. Шестаков В. В. Анализ изменения диагонали отпечатка при исследовании износа материалов // Трение и износ. 2017. Т. 38, № 2. С. 192–197.

Богданчиков И.Ю.
к.т.н., доцент кафедры ЭМТП,
ФГБОУ ВО РГАТУ,
Россия, Рязань
bogdanchikoviy62@yandex.ru
Юдина А.В.
студент,
ФГБОУ ВО РГАТУ,
Россия, Рязань
anna.yudina.2002@mail.ru
Бачурин А.Н.
к.т.н., доцент, декан инженерного факультета,
ФГБОУ ВО РГАТУ,
Россия, Рязань
bachurin62@mail.ru

ОПЫТ УТИЛИЗАЦИИ СОЛОМЫ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ

Аннотация. В статье представлены результаты полевого опыта по утилизации соломы в качестве удобрения, осуществляемые по комбайновой и валковой технологиям различными машинно-тракторными агрегатами. Целью исследования было сравнение технологий утилизации соломы в качестве удобрения по критериям эффективности: минимум затраченного времени на уборку основной продукции; минимум израсходованного топлива; интенсивность разложения растительных остатков. Использование предложенной опытной машины показало свою эффективность по экономии топлива на 10,62% (13,62 кг) и интенсивности разложения льняных полотен, которая была больше на 18,75% (через 210 дней). Был определён рациональный объём технологической ёмкости опытной машины, который должен быть в пределах 600-800 л.

Ключевые слова: солома, утилизация, измельчение, разложение, удобрение, соломоизмельчитель.

Bogdanchikov I.Yu.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, EMTP Department
FSBEI HE RGATU
Russia, Ryazan
bogdanchikoviy62@yandex.ru
Yudina A.V.
Student
FSBEI HE RGATU
Russia, Ryazan
anna.yudina.2002@mail.ru
Bachurin A.N.
candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Engineering
FSBEI HE RGATU
Russia, Ryazan
bachurin62@mail.ru

EXPERIENCE IN USING STRAW AS FERTILIZER

Abstact. The article presents the results of field experience in the disposal of straw as fertilizer carried out using combine and roll technologies by various machine and tractor units. The purpose of the study was to compare technologies for the disposal of straw as a fertilizer according to efficiency criteria: the minimum time spent on cleaning the main products; minimum fuel consumed; decomposition intensity of plant residues. The use of the proposed experimental machine showed its

fuel economy efficiency by 10.62% (13.62 kg) and the decomposition intensity of linen, which was 18.75% higher (after 210 days). The rational volume of the technological capacity of the experimental machine was determined, which should be in the range of 600-800 liters.

Keywords: straw, utilization, grinding, decomposition, fertilizer, straw grinder.

В нашей стране за последние десятилетие сложилась положительная динамика по увеличению объёмов производства зерновых культур и по прогнозам эта тенденция сохранится [1, 2]. Но вместе с основной продукцией (зерно) увеличиваются и объём побочной продукции (солома) (Рисунок 1).

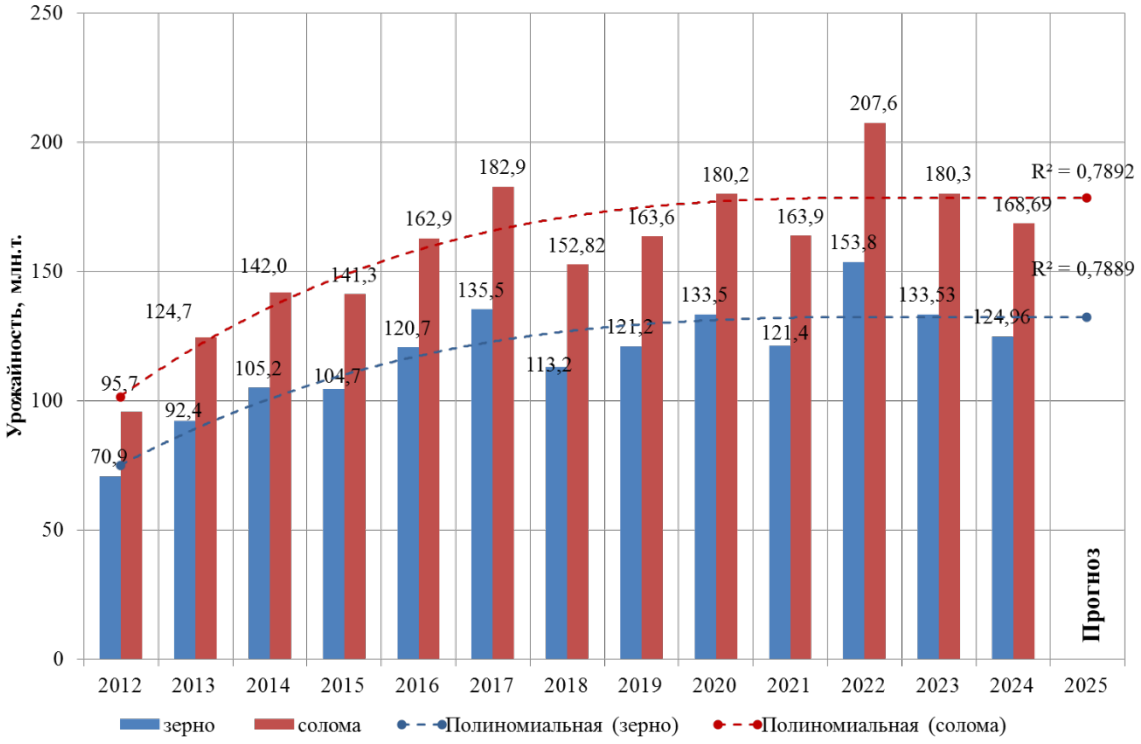


Рис. 1. Динамика собранного урожая зерновых культур (основной и побочной (солома) продукции)

Основную нагрузку на уборку всего биологического урожая (основная и побочная продукции) приходится на зерноуборочные комбайны [3, 4]. По данным Росстата был составлен график динамики изменения количества зерноуборочных комбайнов и убираемой площади за период с 2018 по 2025 гг. (Рисунок 2).



Рис. 2. Динамика изменения количества зерноуборочных комбайнов и убираемой площади за период с 2018 по 2025 гг.

Из рисунков 1 и 2 видим, что необходимо увеличить обеспеченность предприятий АПК зерноуборочными комбайнами или разработать методы для снижения из загрузки.

Проведённое ранее исследование [5] показывает, что с точки зрения минимума задействованной техники, солому целесообразней утилизировать в качестве удобрения, что также оправдано концепцией органического земледелия [7]. При этом было установлено, что соломоизмельчитель зерноуборочного комбайна использует до 20% мощности двигателя [5, 6]. Разработка новых машин для эффективной утилизации соломы в качестве удобрения не теряет своей актуальности и в настоящее время.

Целью исследования является сравнение технологий утилизации соломы в качестве удобрения по критериям эффективности.

Исследования проводились в УНИЦ «Агротехнопарк» Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева в 2024 году. На поле с яровым ячменем сорта «Владимир» (общая биологическая урожайность 40,7 ц/га, соломистость 1,2) был выделен прямоугольный участок площадью 15 га (с длиной гона 500 м), который разделили на три одинаковые части (каждый шириной по 100 м). Схема опыта и реализующие машинно-тракторные агрегаты (МТА) представлена на рисунке 3.

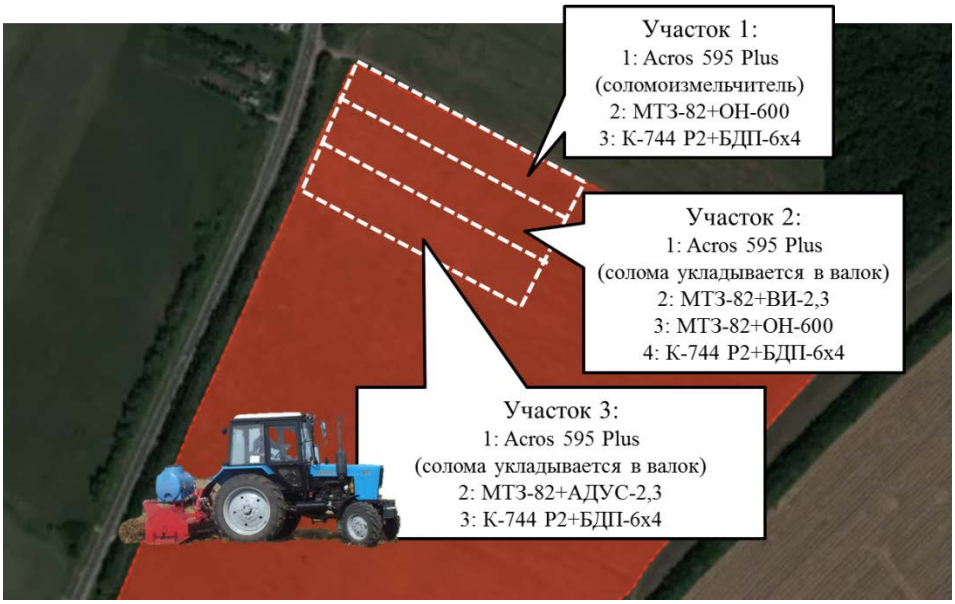


Рис. 3. Схема проведённого опыта

На первом участке применялась «комбайновая» технология, когда уборка основной и утилизация побочной продукции производилась зерноуборочным комбайном. На втором участке работал тот же зерноуборочный комбайн, но с отключенным соломоизмельчителем, подбор из валка и измельчение пожнивных остатков выполнялось валковым измельчителем. На третьем участке применялась опытная машина [8], выполненная по патенту [9], но без комплекса для заделки готового органического удобрения в почву. Заделка на всех участках осуществлялась МТА: К-744 Р2 + БДП-6х4. На всех вариантах применялся биопрепарат деструктор Стернифаг СП, который вносился опрыскивателем, а на участке 3 опытной машиной.

Оценка эффективности применяемого комплекса МТА проводилась по трем показателям:

1.Минимум затраченного времени на уборку основной продукции, T_{po};

2. Минимум израсходованного топлива, Q;

3. Интенсивность разложения льняных полотен ткани (остаток массы в % от первоначальной), R%.

Время измеряли при помощи электронных секундомеров, расход топлива оценивался по датчику уровня топлива в зерноуборочных комбайнах и тракторах. Для оценки интенсивности разложения соломы в почву вкапывались льняные полотна по изменению их массы от первоначальной оценивалась интенсивность почвенных целлюлозолитических бактерий. В

связи с бесснежным зимним периодом, выемка полотен осуществлялась с интервалом в 30 дней (последняя выемка произведена в марте 2025 г.).

Результаты хронометража уборки основной и утилизации побочной продукции, а также расхода топлива представлены в виде диаграммы на рисунке 4 (данные получены на 5 га при длине гона 500 м).



Рис. 4. Данные хронометража и расхода топлива

Результаты получились неоднозначными, так отключение соломоизмельчителя комбайна позволило уменьшить время на уборку основной продукции на 13,22% (0,16 ч), экономия топлива составила 2,12% (2,72 кг). Использование опытной машины позволило увеличить экономию топлива, в сравнении с 1 вариантом, на 10,62% (13,62 кг). Однако затраты общего времени на уборку основной и утилизацию побочной продукции на первом варианте оказались меньше чем на вариантах 2 и 3.

Интенсивность разложения льняных полотен показана на рисунке 5.

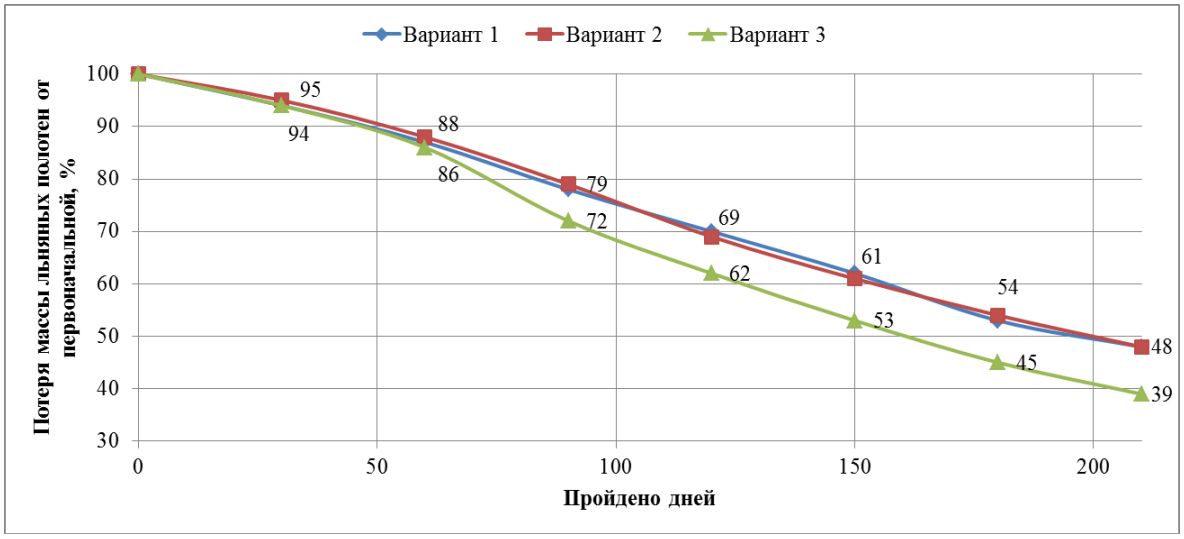


Рис. 5. Интенсивность разложения льняных полотен по вариантам

Интенсивность разложения льняных полотен на варианте с использованием опытной машине была выше, в среднем на 8,86% через 90 дней, на 10,14% через 120 дней, 13,11% через 150 дней, 16,67 через 180 дней и на 18,75% через 210 дней после заделки. Данный ре-

зультат объясняется лучшей усвояемостью рабочего раствора измельчённой растительной массой, так как в опытной машине обработка происходит сразу после измельчения при её распределенib по поверхности поля.

Анализ результатов хронометража работы опытной машины позволил выявить, что резервом для увеличения производительности может стать увеличение запаса рабочего хода по объёму технологической ёмкости. Это позволит сократить время простоя техники связанных с заправкой технологической ёмкости. На рисунке 6 представлена график изменение времени на утилизацию побочной продукцию от объема технологической емкости (при длине гона 500 м).

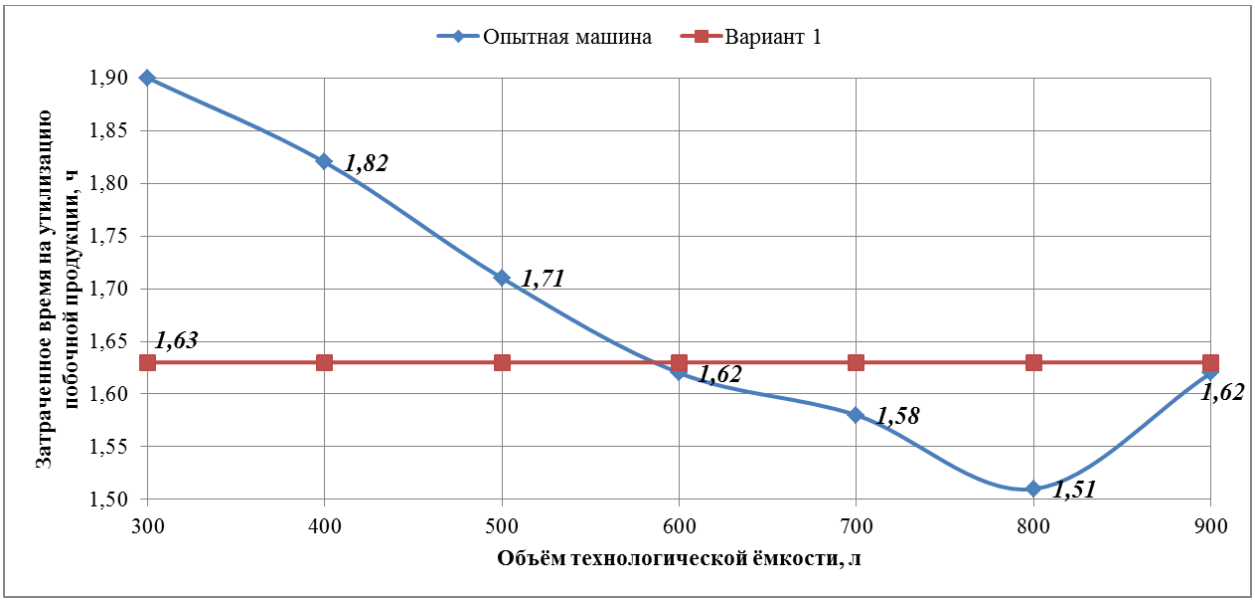


Рис. 6. Изменение времени на утилизацию побочной продукцию от объема технологической емкости (для длины гона 500 м)

Отключение соломоизмельчителя зерноуборочного комбайна позволяет снизить его загрузку, что отражается на сокращении времени на уборку основной продукции и экономии топлива. В проведённом эксперименте экономия времени по уборке основной продукции составила 13,22%, по топливу 2,12%.

Использование опытной машины показало свою эффективность по экономии топлива на 10,62% (13,62 кг) и интенсивности разложения льняных полотен, которая была больше на 18,75% (через 210 дней). Для сокращения времени на уборку основной и утилизацию побочной продукции необходимо увеличить объём технологической ёмкости. Были выявлены простои машины? связанные с технологическим обслуживанием (заправкой). При длине гона 500 метров рациональный объём технологической ёмкости опытной машины должен быть 600-800 л.

Таким образом, использование опытной машины в технологиях утилизации соломы в качестве удобрения можно признать эффективном. А разработку новых машин и приспособлений для повышения утилизации соломы перспективным направлением.

Список литературы

1. Гаспарян, С. В. Оценка экспортного потенциала поставок зерна АПК России на мировой рынок / С. В. Гаспарян, О. В. Макарова, С. А. Жидков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17, № 3(82). С. 222-228.

2. Рынок зерновых культур: анализ состояния, проблемы, перспективы / К. А. Молчанова, И. А. Езангина, С. П. Сазонов [и др.] // Экономика и предпринимательство. 2025. № 2(175). С. 1431-1438.

3. Снижение технической оснащенности как угроза роста потерь и снижения эффективности в зерновом подкомплексе АПК / Д. А. Зюкин, О. В. Петрушина, И. А. Глушков, С. Р. Руденко // Вестник НГИЭИ. 2024. № 8(159). С. 84-95.

4. Марченко, А. В. Анализ мероприятий по повышению экономической эффективности и качества зерна в процессе его производства и хранения / А. В. Марченко, О. В. Баянова // Московский экономический журнал. 2024. Т. 9, № 4. С. 45-59.

5. Богданчиков, И. Ю. Сравнение способов утилизации соломы по расходу топлива / И. Ю. Богданчиков, С. В. Митрофанов, Е. П. Ананичева // СМИС-2024. Технологии управления качеством: Материалы Международной научно-технической конференции, Москва, 22–24 мая 2024 года. Москва: Московский Политех, 2024. С. 406-412.

6. Влияние состава машинно-тракторного парка на реализацию технологий (на примере утилизации соломы) / И. Ю. Богданчиков, С. В. Митрофанов, Е. П. Ананичева, А. А. Шевчук // Земля России – 2024: Сборник материалов Первого национального форума (к 245-летию старейшего агровуза страны – Государственного университета по землеустройству). В 2-х томах, Москва, 29–31 мая 2024 года. М.: ФГБОУ ВО ГУЗ, 2024. С. 23-29.

7. Богданчиков, И. Ю. Вопросы утилизации соломы в качестве удобрения в системе органического земледелия / И. Ю. Богданчиков, А. В. Юдина // Экологическое будущее: научные подходы к органическому сельскому хозяйству: Материалы I Международной научно-практической конференции молодых ученых, р.п. Правдинский, Московская область, 10 апреля 2025 года. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2025. С. 192-195.

8. Агрегат для утилизации незерновой части урожая в качестве удобрения / И. Ю. Богданчиков, Д. В. Иванов, Н. В. Бышов [и др.] // Вестник АПК Ставрополья. 2018. № 4(34). С. 5-11.

9. Патент на полезную модель № 179685 U1 Россия, МПК A01F 29/00, A01D 34/43. Агрегат для утилизации незерновой части урожая в качестве удобрения: № 2017140290: заявл. 20.11.2017: опубл. 22.05.2018 / И. Ю. Богданчиков, Д. В. Иванов, Н. В. Бышов [и др.].

Корнев А.С.
к.т.н., доцент кафедры механизации животноводства и безопасности жизнедеятельности,
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ,
Россия, Воронеж
kornev.andr@mail.ru
Черномазов С.А.
аспирант,
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ,
Россия, Воронеж
semencernomazov@gmail.com

КОНТРОЛЛЕРЫ И ДАТЧИКИ ОТСЛЕЖИВАНИЯ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ: ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ И ПРИМЕНЕНИЕ

Аннотация. В данной статье рассматриваются современные датчики для отслеживания микроклиматических параметров, такие как температурные, влажностные, датчики уровня CO_2 и качества воздуха, а также контроллеры, используемые для их регулирования. Обосновывается важность применения автоматизированных систем контроля микроклимата в таких сферах как сельское хозяйство, промышленность, хранилища и медицинские учреждения. Подробно перечисляются виды датчиков и контроллеров, описываются принципы их работы, ключевые преимущества и недостатки. Кроме того, рассматриваются перспективные направления развития технологий мониторинга и регулирования микроклимата, включая применение искусственного интеллекта для прогнозирования параметров, использование беспроводных сенсорных сетей и развитие энергонезависимых автономных датчиков. Особое внимание уделяется вопросам повышения надежности и снижения стоимости датчиков и контроллеров для их массового внедрения.

Ключевые слова: микроклимат, параметры, датчики, контроллеры, влажность, температура.

Kornev A.S.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, of Animal Husbandry Mechanization and Life Safety
FSBEI HE Voronezh GAU
Russia, Voronezh
kornev.andr@mail.ru
Chernomazov S.A.
Postgraduate Student
FSBEI HE Voronezh GAU
Russia, Voronezh
semencernomazov@gmail.com

CONTROLLERS AND SENSORS FOR MONITORING MICROCLIMATIC PARAMETERS: PRINCIPLES OF OPERATION AND APPLICATION

Abstact. This article discusses modern sensors for monitoring microclimatic parameters, such as temperature, humidity, co_2 and air quality sensors, as well as controllers used to regulate them. The importance of using automated microclimate control systems in such areas as agriculture, industry, storage facilities and medical institutions is substantiated. The types of sensors and controllers are listed in detail, the principles of their operation, the key advantages and disadvantages are described. In addition, promising areas for the development of technologies for monitoring and regulating the microclimate are being considered, including the use of artificial intelligence to predict parameters, the use of wireless sensor networks and the development of non-volatile autonomous sensors. Special attention is paid to improving the reliability and reducing the cost of sensors and controllers for their mass adoption.

Keywords: microclimate, parameters, sensors, controllers, humidity, temperature.

Развитие технологий отслеживания и регулирования показателей микроклимата представляет собой важное направление для таких отраслей как сельское хозяйство, медицина, системы хранения и промышленности. Актуальность совершенствования контроллеров и датчиков обуславливается их способностью в реальном времени отслеживать такие параметры микроклимата как температура, влажность, уровень содержания различных газов и качество воздуха, что в свою очередь позволяет обеспечивать наилучшие условия для хранения и выращивания культуры, работы оборудования и комфортной и безопасной работы людей.

К основным микроклиматическим параметрам относят:

– температура, является важнейшим параметром, влияющим на комфорт, продуктивность и стабильность работы на предприятии, данный параметр особенно важно контролировать в теплицах, агрокомплексах, холодильных складах и серверных станциях;

– влажность, также является особенно важным параметром в сфере сельского хозяйства, избыток или нехватка влаги может привести к порче продукции, коррозии оборудования, развитию грибковых и бактериальных заболеваний среди животных, рабочего персонала и растений [1, 2];

– уровень CO_2 и иных газов, отслеживание параметра обеспечивает в первую очередь безопасность на предприятии, повышенная концентрация газов может не только вызвать снижение работоспособности, но и привести к крайне пагубным последствиям, ввиду отсутствия запаха у большинства газов превышение их содержания в воздухе человек не способен самостоятельно обнаружить и своевременно отреагировать;

– качество воздуха, параметр определяет содержание в воздухе летучих соединений и иных мелких пылевых частиц. Показатель запыленности особенно важно фиксировать в медицинских учреждениях, производственных объектах и хранилищах. Важность параметра обуславливается его повышенной опасностью, к примеру, детонационная способность зерновой пыли. Кроме того, в большинстве случаев, человек не способен самостоятельно определить качество вдыхаемого воздуха и оценить необходимость в его предварительной фильтрации [3, 4].

Для фиксации и отслеживания в реальном времени всех вышеперечисленных параметров микроклимата применяются различные датчики. Датчик представляет собой устройство, преобразующее измеряемый параметр в электрические сигналы для их дальнейшей обработки.

Для фиксации температуры применяют следующие виды датчиков:

– терморезисторы, работают за счет изменения сопротивления в цепи в зависимости от температуры. Наиболее часто применяются в климатических системах и бытовой технике, являются особенно распространенным видом датчиков температуры ввиду своей простоты и повышенного рабочего ресурса;

– термопары, функционируют за счет генерации напряжения при разнице температур между двумя металлическими пластинами. Отличаются особенно высокой надежностью, поэтому наиболее часто применяются в промышленных печах и иных устройствах? работающих в условиях повышенных температур;

– цифровые датчики, измерение происходит за счет повышения напряжения в цепи, обозначаемое сигналом, который считывает встроенный АЦП. Датчик отображает двоичный цифровой сигнал на выходе, который уже передается в систему. Подобные цифровые датчики в настоящее время дешевле аналоговых, ввиду их повсеместного применения, начиная от мобильных устройств и заканчивая системами автоматизации производств.

Для фиксирования показателя влажности применяются следующие типы датчиков:

– емкостные датчики, работают по принципу изменения емкости конденсатора при изменении влажности, в качестве примера датчик DHT22 (рис. 1);

– резистивные датчики, измерение происходит за счет изменения сопротивления гигроскопичного материала, отличаются своей дешевизной, но уступают в точности измерения емкостным датчикам.

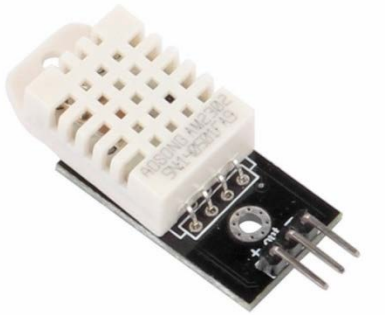


Рис. 1. Датчик контроля температуры и влажности DHT22

Датчики уровня CO_2 и иных газов разделяют по конструкции и методу измерения на:

– не дисперсионные инфракрасные датчики, измерение происходит при поглощении ИК-излучения молекулами углекислого газа. Датчики отличаются высокой точностью измерения и долговечностью;

– электрохимические датчики, работают за счет вступления в реакцию молекул газа с последующим выделением тока. Уступают инфракрасным датчикам в сроке службы, а также требуют точной калибровки.

Для фиксирования показателей качества воздуха применяются следующие типы датчиков:

– газовые сенсоры, работают за счет изменения сопротивления в цепи при контакте с определенными видами газов. Вид датчиков не слишком популярен ввиду низкой избирательности газов и сложной калибровке;

– лазерные пылемеры, измерение происходит за счет фиксации степени рассеивания лазерного луча сквозь частицы пыли, в качестве примера датчик PMS5003 (рис. 2).



Рис. 2. Динамика изменения количеста зерноуборочных комбайнов и убираемой площади за период с 2018 по 2025 гг.

Далее показатели датчиков принимают контроллеры, которые необходимы для обработки поступивших данных и, основываясь на них, управляют подключенными механизмами, в качестве которых могут выступать обогреватели, вентиляторы, увлажнители и т.д.

Контроллеры разделяются по типу конструкции на:

– термостаты и гигростаты, работают за счет датчиков реле, применяются в различных кондиционерах и увлажнителях;

– программируемые логические контроллеры, представляют собой промышленные компьютеры, управляющие оборудованием по заданному алгоритму, применяются в промышленных системах вентиляции и тепличных комплексах [4];

– умные контроллеры, к ним можно отнести контроллер Raspberry Pi, подобный контроллер обладает гибкостью в применении и поддерживает Wi-Fi и Bluetooth (рис. 3). Применяются в системах контроля микроклиматических параметров домашних станций и в промышленных системах.



Рис. 3. Микроконтроллер Raspberry Pi

Помимо конструктивной разницы между контроллерами, их также разделяют по типу управления:

– пороговое управление, наиболее простой тип, заключается во включении или выключении при достижении заданного значения;

– PID-регулирование, отличается плавным управлением с обратной связью, наиболее удобный тип управления для систем регулирования температуры и влажности;

– адаптивные алгоритмы, управление происходит с постепенным машинным обучением, которое используется для прогнозирования последующих показателей микроклимата, подобная система управления наиболее эффективна в применении для теплиц и агрокомплексов.

Среди возможных перспектив развития технологий контроллеров и датчиков микроклимата наиболее ожидаемыми являются:

– развитие удаленного мониторинга через различные интернет платформы;

– внедрение искусственного интеллекта для постепенного обучения и совершенствования способности прогнозирования микроклиматических параметров;

– снижение энергопотребления, внедрение энергосберегающих режимов или менее энергозатратных процессов.

Датчики и контроллеры микроклиматических параметров являются ключевыми элементами в современных системах поддержания микроклимата производственных помещений. Их применение позволяет добиться безопасности, повышения комфорта и энергоэффективности на предприятии. С развитием технологий удаленного доступа и возможностей про-

гнозирования микроклиматических показателей, роль контроллеров и датчиков будет только возрастать, позволяя сделать управление микроклиматом удобнее, надежнее и точнее. Но, стоит отметить, что необходимо предусмотреть при проектировании и модернизации технических средств, возможность механического регулирования микроклиматических параметров на случай нештатных аварийных ситуаций.

Список литературы

1. Оценка степени влагоотдачи гидрогеля, в зависимости от микроклиматических показателей при его использовании / В. И. Оробинский, А. С. Корнев, М. С. Ивлева [и др.] // Наука в центральной России. – 2024. – № 6(72). – С. 84-88.

2. Тараканов Д. В. Система мониторинга микроклимата вертикальной фермы с низким энергопотреблением / Д. В. Тараканов, М. Я. Брагинский, И. А. Хажин // Научные дискуссии в условиях мирового кризиса: новые вызовы, взгляд в будущее: Материалы V международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Ростов-на-Дону, 29 июля 2022 года. Том Часть 2. – Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью «Манускрипт», 2022. – С. 56-67.

3. Латышев А. А. Система контроля параметров и регулирования микроклимата в птичнике / А. А. Латышев // Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: сборник статей Международной научно-практической конференции, Саратов, 12–13 марта 2020 года. – Саратов: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. – С. 301-304.

4. Новиков, Н. Н. Разработка средств автоматизации для цифровых технологий в животноводстве / Н. Н. Новиков // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2019. – № 1(33). – С. 153-159.

5. Автоматизированная система мониторинга и управления микроклиматом фрукто- и овощехранилищ / И. А. Елизаров, В. Н. Назаров, А. А. Третьяков [и др.] // Импортозамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья: материалы I Всероссийской конференции с международным участием, Тамбов, 24–25 мая 2019 года. – Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, 2019. – С. 469-472.

Рахманов Н.И.
аспирант
Московский политехнический университет
Россия, Москва
nazim98@mail.ru
Скопинцев И.В.
к.т.н., профессор кафедры «Процессы и аппараты химической технологии»
Московский политехнический университет
Россия, Москва
iscopincev@mail.ru
Мавлютов Э.Р.
аспирант
Московский политехнический университет
Россия, Москва
elmmavl@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ: ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ И ТЕХНОЛОГИЙ, КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОЛУЧАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. В данной статье рассмотрены классификация, характеристики и потенциал использования агропромышленных отходов для создания полимерных композиций. Особое

внимание уделено современным методам переработки растительного сырья и полимерных отходов, вопросам экологической безопасности и эффективного использования вторичных ресурсов. Представлен анализ технологий, а также методы контроля качества получаемых изделий.

Ключевые слова: агропромышленные отходы, рециклинг, полимерные композиции, лигноцеллюлозное сырьё, вторичные полимеры, переработка, контроль качества.

Rakhmanov N.I.
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
nazim98@mail.ru
Skopintsev I.V.
Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Processes and Devices of Chemical Technology
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
iscopincev@mail.ru
Mavlyutov E.R.
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
elmmavl@gmail.com

PROSPECTS FOR THE USE OF AGRO-INDUSTRIAL WASTE IN POLYMER COMPOSITIONS: OVERVIEW OF SOURCES AND TECHNOLOGIES, QUALITY CONTROL OF THE RESULTING PRODUCTS

Abstact. This article discusses the classification, characteristics and potential use of agro-industrial waste to create polymer compositions. Particular attention is paid to modern methods of processing plant raw materials and polymer waste, environmental safety issues and the effective use of secondary resources. Analysis of technologies, as well as methods of quality control of the obtained products are presented.

Keywords: agro-industrial waste, recycling, polymer compositions, lignocellulose raw materials, secondary polymers, processing, quality control.

Агропромышленный комплекс России ежегодно производит свыше 770 млн тонн отходов, из которых значительную часть составляют растительные остатки и упаковочные материалы [1, 3]. Эти отходы могут быть не только утилизированы, но и переработаны в полезные продукты, включая материалы для строительства, сельского хозяйства и производства полимерных композитов [9].

Современные исследования показывают, что добавление органических наполнителей в термопластичные матрицы позволяет получить композиты с улучшенными эксплуатационными характеристиками и меньшим экологическим следом [10]

Классификация агропромышленных отходов

По происхождению отходы АПК можно условно разделить на три группы:

1. Растительные отходы: солома, стебли, листья, кожура, шелуха, ботва.

2. Животные отходы: навоз, пищевые и непищевые остатки забоя.

3. Упаковочные отходы: полимерные и бумажные материалы, образующиеся при транспортировке и хранении продукции.

Наибольший объём растительных отходов в РФ приходится на солому (до 150 млн т в год), рисовую и подсолнечную шелуху, кукурузные початки, костру льна и т.д. [2].

Виды и объёмы отходов агропромышленного комплекса

Согласно данным [1–3], наиболее массовыми являются:

• Солома – до 150 млн т/год;

• Лузга риса, подсолнечника, гречихи – около 3 млн т/год;

• Побочные продукты кукурузы, сорго, льна – сотни тысяч тонн ежегодно.

Экологические и экономические проблемы

Низкий уровень переработки аграрных и упаковочных отходов приводит:

• деградации почв и загрязнению водоёмов;

• потере потенциального органического удобрения и энергетического ресурса;

• захламлению сельхозугодий и выбытию земель из оборота [4].

По оценкам, только твердые отходы АПК составляют порядка 90 млн м³ ежегодно. Вместе с отходами деревообрабатывающей промышленности суммарный объём (рис. 1) достигает 700 млн т [1].



Рис. 1. Структура образования отходов растениеводства в РФ

Потенциал переработки отходов в полимерной промышленности

Существует значительный потенциал вторичного использования аграрных отходов в полимерных композиционных материалах, включая:

• термопластичные древесно-полимерные композиты (ТПК);

• биокомпозиты на основе ПЭТ, ПП и ПЭВД;

• наполнители на основе лигноцеллюлозных волокон [9, 10].

Композиты, созданные с использованием таких наполнителей, демонстрируют не только снижение стоимости производства, но и улучшение стойкости к воздействию влаги, механическим нагрузкам и УФ-излучению при соответствующей модификации связующего.

Современные технологии переработки отходов (табл. 1)

1. Биотехнологическая переработка

• Компостирование и анаэробное сбраживание для получения биоудобрений и биогаза.

• Ферментация и микробиологический синтез для производства биоразлагаемых полимеров (ПГА, ПЛА).

• Используется для отходов: солома, ботва, овощные и фруктовые остатки [2, 4].

2. Термическая переработка

• Пиролиз и гидротермальное разложение позволяют получать углеродсодержащие материалы (биоуголь, жидкие топлива) [4].

3. Физико-механическая переработка в композиты

• Применение лигноцеллюлозных наполнителей (солома, костра, древесная мука) в качестве армирующего компонента в матрицах из ПП, ПЭ, ПВХ.

• Смешение и экструзия или прессование позволяют получать панели, профили, отделочные материалы [10].

Таблица 1

Основные растительные отходы и направления переработки

Вид отхода	Примеры	Способы переработки
Солома	Пшеница, ячмень	Биогаз, биоуголь, компост, термопластичные композиты
Листья и побеги	Виноград, овощные культуры	Биотопливо, мульча, органические удобрения
Овощные и фруктовые	Некачественная или испорченная продукция	Компостирование, биогаз, кормовая добавка
Кукуруза	Початки, стебли, листья	Биогаз, волокна, композиты
Подсолнечник	Стебли, корзинки	Биогаз, масло, полимерные наполнители
Лён, конопля	Костра, волокна	Текстиль, композиты, биоэнергия

Объём полимерных отходов (рис. 2) в РФ в 2022 году составил около 900 тыс. тонн, при уровне утилизации не выше 13% [7].

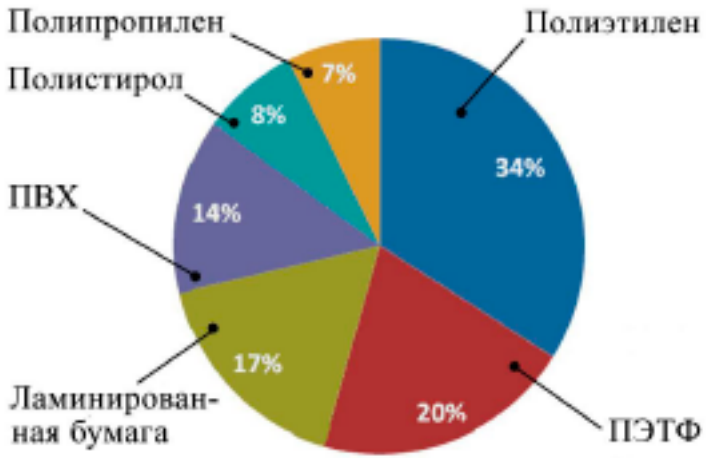


Рис. 2. Структура отходов полимерной промышленности РФ

Применение растительных отходов в комбинации с вторичными полимерами (ПЭ, ПП, ПС) позволяет создавать экологически безопасные композиты с хорошими физико-механическими свойствами. В качестве связующего используются как термопласты, так и термореактивные смолы (эпоксидные, полиэфирные) [10].

Переработка полимерных отходов в АПК

Отдельного внимания заслуживает проблема утилизации полимерной упаковки. По данным 2022 года, в РФ образуется до 900 тыс. тонн полимерных отходов в год, из которых утилизируется лишь 13% [7]. Основные источники – стрейч-плёнки, мешки, канистры, тара.

Современные технологии позволяют получать вторичные полимеры с использованием методов термо- и химиорециркуляции. При этом смешение с аграрными отходами позволяет получать эффективные гибридные материалы (ТПК, WPC), применимые в строительстве, отделке, транспортной инфраструктуре и производстве мебели [8, 10].

Международный опыт и перспективы развития

В странах ЕС и США уже широко применяется переработка сельхозотходов в энергетике и производстве биоматериалов. Например, в Дании 100% соломы утилизируется через биоэнергетические установки [4]. Европейский «Зелёный курс» активно поддерживает переработку биоотходов в строительные и упаковочные материалы.

Для России создание замкнутого цикла переработки – актуальная задача, способная снизить импортозависимость в сырьевой базе полимерной промышленности и минимизировать экологические последствия [6].

Контроль качества получаемых изделий

Для обеспечения стабильных свойств изделий из вторичных материалов необходим многоступенчатый контроль качества:

1. Сырьё

• Влажность, степень измельчения, зольность наполнителя (например, соломы, шелухи).

• Показатели текучести и остаточной прочности вторичного полимера.

2. Полимерные композиции

• Однородность смеси (оценка по микроструктуре).

• Адгезия полимер-наполнитель (исследуется методом ИК-спектроскопии и ЭДС).

• Термостойкость (ТГА, ДСК).

• Прочность на изгиб, растяжение, удар (ГОСТ 4648, ГОСТ 11262).

3. Готовые изделия

• Устойчивость к влаге, УФ и температурным циклам.

• Долговечность и экологическая безопасность (выделение летучих компонентов, отсутствие токсинов).

• Сертификация согласно ГОСТ Р 56552 и ГОСТ ISO 14021.

Применение аналитических методов контроля (ИК-спектроскопия, растровая электронная микроскопия, термогравиметрический анализ) позволяет оптимизировать состав и режимы переработки, обеспечивая требуемые показатели качества.

Рациональное использование агропромышленных и полимерных отходов представляет собой ключевое направление развития замкнутой экономики в АПК. Современные технологии переработки позволяют получать материалы нового поколения – полимерные композиты с органическим наполнением, востребованные в строительстве, транспорте и ЖКХ. Внедрение таких решений снижает нагрузку на окружающую среду, стимулирует экономику вторичных ресурсов и способствует импортозамещению в производстве полимерных материалов.

Список литературы

1. Голубев И.Г., Шванская И.А. и др. Рециклинг отходов в АПК. – М.: Росинформагротех, 2011. 296 с.

2. Стребков Д.С., Тихомиров А.В., Харченко В.В. Проект энергетической стратегии сельского хозяйства России // Техника и оборудование для села. 2009. № 2. С. 12–15.

3. Сельское хозяйство в России. 2021: Стат. сб. / Росстат М., 2021. 100 с.

4. Орлова Н.В. и др. Инновационное развитие АПК в России. Agriculture 4.0 М.: ВШЭ, 2020. 128 с.

5. Минсельхоз РФ, ВШЭ. Прогноз научно-технологического развития АПК до 2030 г. М., 2017. 140 с.

6. Современные проблемы экономики АПК. Материалы IV Нац. конф. – Белгород: ЛитКараВан, 2021. 404 с.

7. Доклады ТСХА. Сб. статей. Вып. 293. Ч. II М.: РГАУ-МСХА, 2021. 825 с.

8. Лебедько Е.Я., Катмаков П.С. и др. Биотехнология в животноводстве. СПб.: Лань, 2020. 160 с.

9. Хлесткина Е.К., Чухина И.Г. Генетические ресурсы растений // Вестник РАН. 2020. Т. 90, № 6. С. 522–527

10. Шункова А.Э. Особенности регионального развития АПК в России // Молодой ученый. 2017. № 45. С. 218–221.

Клочков А.Я.
к.т.н., доцент, доцент кафедры электроснабжения,
РГАТУ,
Россия, Рязань
klochkov500@mail.ru
Клочкова Д.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва,
ddasha2017@yandex.ru
Клочков Я.М.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
gluhihyak@gmail.com
Левина Т.А.
к.э.н., доцент, заведующий кафедрой «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
t.a.levina@mospolytech.ru

АТТЕСТАЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ДЕФЕКТОВ МАТЕРИАЛА НЕЙРОСЕТЕВЫХ УСТРОЙСТВ СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ

Аннотация. Проведена аттестация природы дефектов нейросетевых устройств сельхозтехники подверженные внешним факторам в условиях реальной их эксплуатации, таких как температуры, вибрации и влажности. Известно, что электронные дефекты создают в области пространственного заряда в кремниевых диодах Шоттки глубокие энергетические уровни нейросетевого взаимодействия интегральных схемах. Научная значимость вопроса выяснения природы электронных дефектов, оказалось актуальным использованием метода резонансной DLTS спектроскопии для определения концентрации примесей и глубины энергетических уровней. Установлено точное соответствие между примесью и её энергетическим уровнем внутри энергетических зон, определили примесь по её уровню. В работе получена строгая зависимость между примесями и их энергетическими уровнями внутри энергетических зон. В образцы ввели несколько металлических примесей и определили их энергетические уровни с помощью DLTS. Результаты исследования данной работы позволили однозначно идентифицировать примеси и дефекты электронных устройств нейросетевого взаимодействия.

Ключевые слова. аттестация, электронные дефекты, глубокие уровни, материал, нейросетевые устройства, сельхозтехника.

Klochkov A.Y.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Electrical Supply
RGATU
Russian Federation, Ryazan
klochkov500@mail.ru
Klochkova D.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russian Federation, Moscow
ddasha2017@yandex.ru

Klochkov Ya.M.
Student
Moscow Polytechnic University
Russian Federation, Moscow
gluhihyak@gmail.com
Levina T.A.
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department
«Standardization, Metrology and Certification»
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
t.a.levina@mospolytech.ru

CERTIFICATION OF ELECTRONIC DEFECTS IN THE MATERIAL OF NEURAL NETWORK DEVICES OF AGRICULTURAL MACHINERY

Abstact. The nature of defects in neural network devices of agricultural machinery exposed to external factors in their actual operation, such as temperature, vibration and humidity, has been certified. It is known that electronic defects create deep energy levels of neural network interaction in integrated circuits in the area of spatial charge in silicon Schottky diodes. The scientific significance of the issue of clarifying the nature of electronic defects turned out to be relevant using the method of resonance DLTS spectroscopy to determine the concentration of impurities and the depth of energy levels. An exact correspondence has been established between the impurity and its energy level within the energy zones, and the impurity has been determined by its level. In the work, a strict relationship was obtained between impurities and their energy levels within energy zones. Several metallic impurities were introduced into the samples and their energy levels were determined using DLTS. The results of the study of this work made it possible to uniquely identify impurities and defects in electronic devices of neural network interaction.

Keywords: certification, electronic defects, deep levels, material, neural network devices, agricultural machinery.

Под действием внешних факторов, таких как вибрация и повышенные температуры электронных систем управления сельскохозяйственной техники приводят к деградации характеристик микроэлементов и микросхем, входящих в состав блоков управления исполнительных механизмов машин. Известно из научной литературы [1-14], что подобный эффект соответственно приводит к снижению точности обрабатываемой информации в «мозгах» исполнительных механизмов, особенно сейчас актуально при обработке информации в нейросетевых устройствах. Оказалось, как показано в работах [1,2,10-14] деградация электрофизических характеристик микроэлементов и элементов ИС происходит за счет активизации примесей и дефектов создающие глубокие энергетические центры в активных элементах ИС [15-23]. Таким образом, их идентификация, несомненно, актуальна для прогнозирования и стабилизации срока службы электронных нейросетевых устройств искусственного интеллекта в технике и машиностроения [24-38]. Это важно ещё и потому что точное соответствие между примесью и её энергетическим уровнем внутри энергетических зон пока неизвестно и трудно определить примесь, по её уровню энергии, особенно если её энергию активации определять и измерять по DLTS спектрам настроенного не резонансном режиме работы спектрометра [10-14].

Научная значимость технологического вопроса. В данном эксперименте использовались восемь образцов кремния n-типа. В каждый из них, исключая образец №8, были соответственно введены железо и некоторые другие элементы. Это было сделано со следующими целями: заметить постоянство энергетических уровней для одинаковых элементов в различных образцах и принять пик железа в DLTS как эталон для сравнения с пиками других элементов, так, чтобы можно было определить их соответствующие уровни по отношению в уровень железа. Так как условия измерений были одни и те же во всех экспериментах, то были зафиксированы интервалы между уровнями примесей и железа. Это даёт нам уверенность, что элементы примесей могут быть определены по их пикам DLTS.

Практическая значимость объектов исследования. Использовались дополнительные методы получения и анализа, описываемые следующим образом. Сульфаты цинка, кобальта, кадмия, никеля, марганца, железа, а также хлорат хрома были растворены в деионизованной воде и их растворы были нанесены на пластины кремния. После этого пластины были высушены под инфракрасной лампой. Затем все образцы находились в печи в течение 7,5 часов при температуре 12500С, что позволило атомам металла значительно диффундировать в пластины. После извлечения образцов из печи они были погружены в раствор кислоты HF для удаления оксида с пластин. Затем образцы были отшлифованы и отполированы с обратной стороны пластины «белым раствором» состава HNO3: HF= (3:1). Все образцы были разрезаны пополам. Для одной половины всех образцов глубокие уровни были определены непосредственно с помощью DLTS спектроскопии. Для другой половины на их тыльной стороне была выращена поликристаллическая пленка кремния (Si) толщиной 5000 Ангстрем восстановлением хлорида силана (SiCl4) в молекулярном водороде (H2) при температуре t0 =10500С, затем эти образцы нагревали до 9700С в течение одного часа. Это позволило легирующим металлам диффундировать на поверхность, и они были абсорбированы поликристаллической плёнкой кремния. После извлечения из печи образцов, поликристаллическая плёнка Si удаляется и затем для измерений на передней поверхности пластины формируется переход Шоттки площадью около 2мм2.

Теоретическая часть исследования активных дефектов. Научная значимость вопроса выяснения природы электронных дефектов, оказалось актуальным использованием метода резонансной DLTS спектроскопии [10-14] для определения концентрации примесей и глубины энергетических уровней. В этом опыте были определены лишь ловушки основных носителей заряда. На эти структуры подавали резонансное напряжение обратного смещения [15-17], то есть электрическое поле, приложенное к переходу Шоттки. Непрерывно определялась в динамическом режиме переходная электрическая ёмкость на этом диоде, и измерялись DLTS спектры, полученные при непрерывном сканировании глубоких уровней по температуре. Глубина энергетических уровней нами получена из спектральной зависимости температуры пиков DLTS для двух моментов времени t1’ и t1»:

$$Ec\text{-}E1=k(Tp»xTp')/\ Tp\left(ln\frac{t_1'}{t_1''}\right) \quad (1)$$

где Tp» и Tp’ температура типа DLTS для различных моментов времени t1’ и t1», k – постоянная Больцмана и соответственно Tp =Tp»-Tp’.

Поперечное сечение захвата электронов на глубоком энергетическом уровне может быть получено из следующего уравнения:

$$\sigma_n\left(E_t,T_p''\right)=\frac{1}{(t_2''-t_1'')V_{th}N_c(T_p'')}\times\ln\frac{t_2''}{t_1''}\times\left((\frac{t_1'}{t_1''})^{T_p'/\Delta T_p}\right), \quad (2)$$

где Nc(Tp») – эффективная плотность состояний в обратном пространстве дна зоны проводимости полупроводникового материала для температуры кремния равной T»p, Vth – тепловая скорость электронов.

Исследование методом резонансной спектроскопии глубоких уровней фиксируют кривые уверенных DLTS спектров восьми образцов. Более низкоэнергетические кривые, оказалось, принадлежат образцам, на которых выращивалась поликристаллическая плёнка кремния. Температура главных пиков DLTS спектров для легирующих элементов кремния, величина глубокого энергетического уровня равной Ec–E1 и соответствующее поперечное сечение захвата электронов их представлены в абсолютных значениях в таблице. В этой таблице: X – неизвестный энергетический уровень, соответствующий электронным дефектам.

Из таблицы и наших расчётов можно видеть, что, соответствие положения главного пика (по величине амплитуде) DLTS спектров для одних и тех же химических элементов в различных образцах хорошее. Кроме X (неизвестного пика глубокого уровня) все главные (явные) пики могут быть определены как уровни электронных ловушек для соответствующих металлов. Небольшие пики из DLTS спектров, обнаруженные авторами [11-17] не были найдены в данном опыте, что обусловлено, по-видимому, интерференцией между примесными элемента-

ми их спектральных энергетических пиков резонансной релаксации заряда в этих диодах Шоттки и из-за ограничений чувствительности DLTS аппаратуры вне резонансного режима.

Таблица

Энергетическая зависимость примесей в кремнии

Примесь в кремнии	$E_c - E_i$(эВ)		$T_p^n(K)$	$\sigma_n(T_p^n)(см^2)$	
Cr	0.57	0.56[1]	292	1.5×10^{-13}	3×10^{-15}
Mn	0.43	0.42[1]	232	7.1×10^{-15}	1×10^{-15}
Fe	0.35	0.34[1]	200	1.9×10^{-15}	5×10^{-15}
Co	0.51	0.55[1]	285	1.3×10^{-16}	1×10^{-14}
Ni	0.48	0.41[1]	266	7.5×10^{-15}	2×10^{-14}
Zn	0.52	0.54[2]	286	7.2×10^{-15}	-
Cd	0.46	0.44[2]	241	7.7×10^{-14}	-
X	0.32	0.33[1]	175	1.5×10^{-17}	-

Известно поликристаллическая плёнка кремния может поглощать примеси в некоторой степени и после геттерирования, высота спектральных пиков DLTS очевидно уменьшается, но положение пиков не меняется.

Глубокие уровни в кремнии, которые возникли, от переходных металлов тесно связаны с электронами d-орбиты. Имея симметрию Td точечный группы, поле кубического кристалла структуры кремния действует очевидно для разделения d-орбит на тройную (T2) и двойную (E) вырожденную группу, неважно являются ли примеси атомами внедрении или атомами замещения. Когда симметрия кристаллического поля уменьшается, поли-дегенеративные группы могут расщепляться дальше. Таким образом, d-орбиты могут уменьшить некоторые уровни энергии для каждого переходного металла. Но невысокие DLTS пики, связаны с этими уровнями, не наблюдались в эти работе, так как они скрыты в главном пике и не вносят помех. Уровни электронных ловушек для легирующих примесей, кроме Ni, соответствуют опубликованным данным.

Энергетический уровень неизвестного дефекта X, наблюдаемого в наших экспериментах, существует в большинстве образцов и имеет следующие особенности: (1) существование уровня X не имеет отношение к примесям Mn, Cr, Ni, Cd, Co, Zn, но может иметь отношение к примеси Fe. Кажется, что существование железа может быть предусмотрено, но с незначительным содержанием его и отклонения его энергии активации. Энергетическим уровнем X (2) его плотность вероятно пропорциональна концентрации железа (3). Уровень X локализуется в положении фиксированной энергии, ниже зоны проводимости (Ec-0,32эВ) независимо от других легирующих элементов и от удельного сопротивления образцов кремния.

Авторы работ [13-17] исследовали уровень Ec-0,33эВ в образцах, легированных Fe. Этот энергетический уровень в основном соответствует энергетическому уровню X с энергией активации равной Ec-0,32эВ, обнаруженному в данной работе, но прежний пик много меньше, чем последующий. Автор [14] не обнаружил происхождение этого энергетического уровня. Авторы [13] исследовали уровень дырочных ловушек в кремниевых образцах p-типа, легированных Fe и показали, что этот энергетический уровень возникает из соединений Fe и O2. После образцы были нагреты до 210 C, они были пассивированы, но уровень Ev+0,4эВ для состояния атома внедрение железа остался. Мы верим, что энергетический уровень X возник из соединений или соединения железа и точечного дефекта, с которым атом железа должен быть связан окончательно. Поликристаллическая плёнка может абсорбировать атомы Fe, при этом сила энергетического уровня X будет уменьшаться, хотя это уменьшение не строго пропорционально уменьшению концентрации железа. Образцами, используемыми Автор [12], были кристаллы Si, полученные зонной плавкой, но наши кристаллы были выращены по методу Чохральского. Однако, кислород был включён в соединение. Итак, пики уровня Ec-0,33 эВ в DLTS – наиболее низкие в этих образцах. Дальнейшие эксперименты должны установить реальное действие кислорода. Методы анализа этих электронных дефектов применяли для выяс-

нения стабильности и надёжности работы микроэлементов и микросхем, что позволяет разрабатывать пути повышениях стабильности и надёжности нейросетевого взаимодействия электронных устройств в сельскохозяйственной технике и в целом в машиностроении, результаты, которых показаны в следующих научных работах [1-3, 9-14, 24-28, 24-29, 39].

Был изучена диффузия и механизм примесей в материалах нейросетевого взаимодействия и роль дефектов в деградации элементов типа диода Шоттки широко используемых в нейросетях. Были получены результаты по выявлении природы дефектов методами дефектоскопии релаксации заряда в барьерных слоях. Были выявлены новые методы направления исследования, и развития дефектоскопии элементов нейросетей для искусственного интеллекта устойчивых к внешним воздействиям, что позволит повысит достоверность самообучения ИИ в реальных условиях эксплуатации сельхозтехники.

Список литературы

1. Electromagnetic Characteristics of Thin Polyethylene-Carbon-Polyethylene Films / N. I. Volynets, A. O. Plyushch, O. G. Poddubskaya [et al.] // Russian Physics Journal. – 2015. – Vol. 58, No. 5. – P. 629-634. – DOI 10.1007/s11182-015-0543-4.

2. Reliability of Electronic Systems Supporting Neural Connections of Artificial Intelligence in Agricultural MachineryLevina T.A., Shemyakin A.V., Klochkov Ya.M., Adilina A.P., Kudryashova D.A.Bulletin of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16. No. 3. Pp. 141-150.DOI: https://doi.org/10.36508/ RSATU.2024.22.86.018

3. Electromagnetic properties of polyurethane template-based carbon foams in Ka-band / D. S. Bychenok, A. Plyushch, K. Piasotski [et al.] // Physica Scripta. – 2015. – Vol. 90, No. 9. – P. 094019. – DOI 10.1088/0031-8949/90/9/094019.

4. Weldability of New Aluminum-Calcium Alloys Alloyed with Zinc and Magnesium During Fusion WeldingOvchinnikov V.V., Glukhikh Ya.M., Protsenko E.O.Elektrometallurgiya. 2024. No. 1. Pp. 3-15.DOI: https://doi.org/10.31044/1684-5781-2024-0-1-3-15

5. Ovchinnikov, V.V., Akopyan, T.K., Klochkov, Y.M. et al. Influence of zirconium and scandium on crack susceptibility during welding of Al–Ca–Zn–Mg alloys and mechanical properties of their welded joints. Metallurgist (2024). https://doi.org/10.1007/s11015-024-01842-y

6. Weldability of new aluminum–calcium alloys with zinc and magnesium during fusion welding Ovchinnikov V.V., Glukhikh Ya.M., Protsenko E.O. Russian Metallurgy (Metally). 2024. Т. 2024. № 3. pp. 537-546. https://doi.org/10.1134/S0036029524700915

7. Mechanical Properties and Structure of Welded Joints of Al-Ca-Zn-Mg Alloy Sheets Produced by Automatic Argon Arc WeldingOvchinnikov V.V., Klochkov Ya.M., Protsenko E.O.Metallurg. 2024. No. 12. Pp. 71-77.DOI: https://doi.org/10.52351/00260827_2024_12_71

8. Effect of Zirconium and Scandium on Crack Susceptibility During Welding of Al-Ca-Zn-Mg Alloys and Mechanical Properties of Their Welded JointsOvchinnikov V.V., Akopyan T.K., Klochkov Ya.M., Protsenko E.O.Metallurg. 2024. No. 9. Pp. 43-49.DOI: https://doi.org/10.52351/00260827_2024_9_43

9. Microwave dielectric properties of tannin-based carbon foams / M. Letellier, V. Fierro, A. Celzard [et al.] // Ferroelectrics. – 2015. – Vol. 479, No. 1. – P. 119-126. – DOI 10.1080/00150193.2015.1012036.

10. Assessment of the Impact of Certain Types of Agricultural and Forestry Activities on Soil and Water Quality in Suanshon National Park, Phu Tho Province / A. Ya. Klochkov, Ya. M. Glukhikh, Ch. Ch. Thuong [et al.] // Bulletin of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. – 2024. – Vol. 16, No. 1. – P. 29-39. – DOI: 10.36508/RSATU.2024.66.72.005.

11. Ershov, D. S. Approach to Modeling the Functioning Processes of Metrological Laboratories under Different Operating Conditions / D. S. Ershov, T. A. Levina, S. N. Yudaev // Engineering: Network Electronic Scientific Journal. – 2022. – Vol. 9, No. 4. – P. 15-20. – DOI: 10.24892/RIJIE/20220403.

12. Conceptual provisions of formation of the quality management system within the integrated corporate structure / T. A. Salimova, L. I. Biryukova, V. I. Makolov, T. A. Levina // Interna-

tional Business Management. – 2015. – Vol. 9, No. 6. – P. 1129-1135. – DOI 10.3923/ibm.2015.1129.1135.

13. Borisova, D. V. Risks of Implementing an Innovative Enterprise Strategy / D. V. Borisova, T. A. Levina // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. – 2020. – No. 4-1. – P. 12-18. – DOI: 10.17513/vaael.1049.

14. Kushnir, I. S. Applicability Assessment and Steps for Implementing the Six Sigma Method in the Quality Management System of Additive Manufacturing / I. S. Kushnir, A. P. Adilina, T. A. Levina // Herald of Peoples' Friendship University of Russia. Series: Engineering Research. – 2024. – Vol. 25, No. 3. – P. 296-307. – DOI: 10.22363/2312-8143-2024-25-3-296-307.

15. The Differential Method as a Tool for Functional Analysis of Agricultural Technical Systems / A. Ya. Klochkov, T. A. Levina, V. V. Martishkin, Ya. M. Glukhikh // Bulletin of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. – 2022. – Vol. 14, No. 4. – P. 145-153. – DOI: 10.36508/RSATU.2022.88.67.019.

16. On the Influence of Process Parameters on Mechanical Properties of FDM 3D Printing: A Comprehensive Review / T. A. Levina, I. S. Kushnir, Ya. M. Glukhikh, A. Ya. Klochkov // Bulletin of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. – 2023. – Vol. 15, No. 3. – P. 123-131. – DOI: 10.36508/RSATU.2023.39.12.017.

17. Subscriber Access Network Using Ethernet FTTH and PON Technologies / A. M. Belitsky, R. R. Ivanenko, A. V. Besedin, A. Ya. Klochkov // Proceedings of Southwest State University. – 2017. – No. 1(70). – P. 8-15. – DOI: 10.21869/2223-1560-2017-21-1-8-15.

18. Evaluation of Sensor Quality Used in Agricultural Equipment / D. E. Kashirin, A. Ya. Klochkov, T. A. Levina [et al.] // Bulletin of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. – 2023. – Vol. 15, No. 1. – P. 136-143. – DOI: 10.36508/RSATU.2023.48.29.018.

19. Risk Management in Adaptive Safety Control Systems at Mines Prone to Rock Bursts / T. A. Levina, G. I. Grozovsky, G. D. Zadavin, A. S. Makushkin // Proceedings of Tula State University. Technical Sciences. – 2024. – No. 8. – P. 190-194. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-8-190-191.

20. Shielding properties of composite materials based on epoxy resin with graphene nanoplates in the microwave frequency range / N. I. Volynets, D. S. Bychenok, A. G. Lyubimov [et al.] // Technical Physics Letters. – 2016. – Vol. 42, No. 12. – P. 1141-1144. – DOI 10.1134/S1063785016120129.

21. Fuzzy c-means algorithm for segmentation of aerial photography data obtained using unmanned aerial vehicle / M. V. Akinin, N. V. Akinina, A. Y. Klochkov [et al.] // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences – ISPRS Archives, Moscow, 25–27 мая 2015 года. Vol. 40. – Moscow, 2015. – P. 113-115. – DOI 10.5194/isprsarchives-XL-5-W6-113-2015.

22. Mukhin, M. P. Current Requirements and Recommendations for Collecting Consumer Feedback / M. P. Mukhin, S. A. Odinkov, T. A. Levina // Proceedings of Tula State University. Technical Sciences. – 2024. – No. 8. – P. 134-137. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-8-134-135.

23. Klochkov, A. Ya. Technical Operation of Tire Pressure Sensors / A. Ya. Klochkov, T. A. Levina, Ya. M. Glukhikh // Vector of Scientific Thought. – 2024. – No. 4(9). – P. 158-161. – DOI: 10.58351/2949-2041.2024.9.4.008.

24. Use of fractal analysis to evaluate the surface quality of agricultural machinery parts Bavykin O., Levina T., Matrosova V., Klochkov A., Enin V. В сборнике: BIO WEB OF CONFERENCES. International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2019). EDP Sciences, 2020. С. 00189. https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700189

25. Assessment of key aspects of the organizational context for quality management Makolov V.I., Levina T.A. International Journal of Economic Perspectives. 2017. Т. 11. № 4. С. 642-651.

26. Vyacheslavova, O. Analysis of the data collection and processing system for assessing the actual reliability of domestic tractors exemplified by PJSC «Promtractor» / O. Vyacheslavova, I. Parfenyeva, T. Levina, A. Klochkov // В сборнике: BIO WEB OF CONFERENCES. International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets,

Human Resources» (FIES 2019). EDP Sciences, 2020. C. 00190. https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700190

27. Designing an Adaptive Quality Management System for Machine-Building EnterprisesLevina T.A., Grozovsky G.I., Makushkin A.S.Proceedings of Tula State University. Technical Sciences. 2023. No. 12. Pp. 58-61.DOI: https://doi.org/10.24412/2071-6168-2023-12-58-59

28. To simulating the functioning of workplace for the verification of measuring instruments Ershov D.S., Malahov A.V., Levina T.A., Khayrullin R.Z. Journal of Physics: Conference Series. 2022. Т. 2388. № 1. С. 012147. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2388/1/012147

29. Martyshkin, V.V., Adylina, A.P., Chestnyh, A.R., Klochkov, A.Y., Kashirin, D.E. (2023). Principles of Guaranteed Reliability Provision for Agricultural Equipment. In: Radionov, A.A., Gasiyarov, V.R. (eds) Proceedings of the 9th International Conference on Industrial Engineering. ICIE 2023. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-38126-3_43

30. G., I., Grozovskiy., T.M., Levina., V., E., Noskova., D., S., Ershov. (2024). The adaptability of a quality management system to external and internal factors at manufacturing companies. Nucleation and Atmospheric Aerosols, doi: 10.1063/5.0196180

31. Levina, T.A., Adylina, A.P., Glukhikh, Y.M. (2024). Analysis, Synthesis and State Optimization Methods for Operation Dynamics of Contacts Facilitating AI Application in Machine Engineering. In: Radionov, A.A., Gasiyarov, V.R. (eds) Proceedings of the 10th International Conference on Industrial Engineering. ICIE 2024. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-65870-9_32

32. Ershov, D.S., Malahov, A.V., Levina, T.A., Khayrullin, R.Z. Constructions of statistical estimates of digital measurement error in the case of small samples Journal of Physics: Conference Series, February 2024, 2697(1), 012078 DOI:10.1088/1742-6596/2697/1/012078

33. Khayrullin, R., Ershov, D., Malahov, A., Levina, T. Mathematical Models of the Processes of Operation, Renewal and Degradation of a Fleet of Complex Technical Systems with Metrological Support Axioms, 2023, 12(3), 300. https://doi.org/10.3390/axioms12030300

34. Ershov, D.S., Levina, T.A., Malahov, A.V., Khayrullin, R.Z., Galishnikov, A.A. (2023). To the Design of Medium- and Long-Term Programs of Innovative Development of Some Areas of Mechanical Engineering. In: Radionov, A.A., Gasiyarov, V.R. (eds) Proceedings of the 9th International Conference on Industrial Engineering. ICIE 2023.pp. 540–552 Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-38126-3_54

35. Ershov, D.S., Levina, T.A., Yudaev, S.N. (2023). An Approach to Modeling Metrology Laboratory Operation Under Various Modes. In: Radionov, A.A., Gasiyarov, V.R. (eds) Proceedings of the 8th International Conference on Industrial Engineering. ICIE 2022. pp.636–650 Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-14125-6_63

36. Ershov, D.S., Levina, T.A., Adylina, A.P., Grozovsky, G.I., Parfenyeva, I.E. The simulation of the process of operation of installations of the highest accuracy for reproduction and transmission of units of physical quantities Journal of Physics: Conference Series., December 2022, 2373(8), 082003 DOI:10.1088/1742-6596/2373/8/082003

37. Ershov, D.S., Malahov, A.V., Levina, T.A., Khayrullin, R.Z. Model of operation of computer measuring system December 2022 Journal of Physics: Conference Series., 2022, 2388(1), 012040 DOI:10.1088/1742-6596/2388/1/012040

38. Ershov, D.S., Malahov, A.V., Levina, T.A., Khayrullin, R.Z. To simulating the functioning of workplace for the verification of measuring instruments December 2022 Journal of Physics: Conference Series., 2022, 2388(1), 012147 DOI:10.1088/1742-6596/2388/1/012147

39. Levina, T.A., Safonov, E.V., Hung, T.M. Analysis of Methods and Measuring Instruments Used for Super Alloy Products (Obtained by SLM-Method) Surface Layer Quality Evaluation January 2022 Lecture Notes in Mechanical Engineering 2022, pp. 174–186 DOI:10.1007/978-3-030-85230-6_21

Секция 6
ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Шрымбай Д.А.
студент,
Таразский университет имени М.Х. Дулати,
Казахстан, Тараз
dana_26_06@mail.ru

ИНКЛЮЗИВНОСТЬ И ОБРАЗОВАНИЕ

Аннотация. Инклюзивное (включающее) образование дает возможность всем учащимся в полном объеме участвовать в жизни коллектива детского сада, школы, института, в дошкольной и школьной жизни. Инклюзивное (включающее) образование обладает ресурсами, направленными на стимулирование равноправия обучающихся и их участия во всех делах коллектива. Инклюзивное (включающее) образование направлено на развитие у всех людей способностей, необходимых для общения.

Ключевые слова: инклюзивный, образование, социум, обучение, ограниченные возможности здоровья.

Shrymbay D.A.
Student
Taraz University named after M.H. Dulati
Kazakhstan, Taraz
dana_26_06@mail.ru

INCLUSIVITY AND EDUCATION

Abstract. Inclusive education allows all Students to fully participate in the life of the kindergarten, school, institute, preschool and school life. Inclusive education, which has power, is aimed at stimulating the equality of Students and their participation in all affairs of the team. Inclusive education is aimed at developing the abilities of all people necessary for communication.

Keywords: inclusive, education, society, learning, disabilities.

Инклюзия – глубокое погружение ребёнка в адаптированную образовательную среду и оказание ему и членам его семьи различных поддерживающих услуг.

Инклюзивная образовательная среда служит реализации права каждого ребенка на образование, соответствующее его потребностям и возможностям, вне зависимости от региона проживания, тяжести нарушения психофизического развития, способности к усвоению цензового уровня образования и вида учебного заведения.

Целью инклюзивного образования детей с ОВЗ в общеобразовательном (массовом) учреждении является полноценное развитие и самореализация детей с ограниченными возможностями здоровья, освоение ими общеобразовательной программы (государственного образовательного стандарта), важнейших социальных навыков наряду со сверстниками с учетом их индивидуально-типологических особенностей в познавательном, физическом, эмоционально-волевом развитии.

В процессе реализации инклюзивной практики в работу педагогического коллектива привносятся существенные коррективы содержательного и процессуального характера.

Организация совместного обучения и воспитания детей с различными особенностями развития и их условно нормативных сверстников – двусторонний процесс, который включает, с одной стороны, включение ребенка в новое для него образовательное пространство, с другой – приспособление самого образовательного учреждения к включению в свое пространство «необычных» детей. Возникает новая социальная ситуация, при которой создаются новые механизмы взаимодействия, взаимоотношений и новых социальных связей.

Инклюзивное образование приводит к тому, что ребенок с особыми образовательными потребностями оказывается включенным во многие социальные связи. Дети с ОВЗ приобретают информацию, доступную их сверстникам, они учатся вступать в равноправные отношения с разными людьми. У них есть возможность для освоения разных социальных ролей, способов сотрудничества с разными людьми. В результате этого облегчается их бесконфликтное включение в социум.

Таким образом, под влиянием новых ценностных ориентацией общества и государства, а также в связи с переходом системы специального образования на качественно новый этап развития, возникла необходимость переосмыслить соотношение образовательных достижений ребенка и достижений в области социальной компетенции, переосмысления роли и места личностного, социализации ребенка с ограниченными возможностями здоровья.

Понятие «социализация» характеризует в обобщенном виде процесс усвоения индивидом определенной системы знаний, норм, ценностей, установок, образцов поведения, которые входят в понятие культуры, присущей социальной группе и обществу в целом, и позволяет функционировать индивиду в качестве активного субъекта общественных отношений. Социализацию не следует сводить к образованию и воспитанию, хотя она и включает эти процессы. Социализация личности осуществляется под влиянием совокупности многих условий, как социально-контролируемых, и направленно-организуемых, так и стихийных, возникающих спонтанно. Она и есть атрибут образа жизни личности, и может рассматриваться как ее условие и как результат. Непременным условием социализации является культурная самоактуализация личности, ее активная работа над своим социальным совершенствованием.

Какими бы благоприятными ни были условия социализации, ее результаты во многом зависят от активности самой личности.

В традиционной отечественной социологии социализация рассматривается как саморазвитие личности в процессе ее взаимодействия с различными социальными группами, институтами, организациями, в результате которых вырабатывается активная жизненная позиция личности.

Важно иметь в виду, что социализация есть процесс, продолженный в течение всей жизни человека. В связи с этим обычно различают определенные этапы социализации: дотрудовой (детство, обучение), трудовой и послетрудовой.

Одной из главных целей социализации является приспособление, адаптация человека к социальной реальности, что служит, пожалуй, наиболее возможным условием нормального функционирования общества.

Освоение детьми-инвалидами социального опыта, включение их в существующую систему общественных отношений требует от общества определенных дополнительных мер, средств и усилий (это могут быть специальные программы, специальные центры по реабилитации, специальные учебные заведения и т.д.). Но разработка этих мер должна основываться на знании закономерностей, задач, сущности процесса социализации.

Школа, которая выбрала для себя путь реализации инклюзивного процесса прежде всего должна принять как свою школьную культуру соблюдение основных принципов инклюзивного образования.

Их восемь:

1. Ценность человека не зависит от его способностей и достижений.
2. Каждый человек способен чувствовать и думать.
3. Каждый человек имеет право на общение и на то, чтобы быть услышанным.
4. Все люди нуждаются друг в друге.

5. Подлинное образование может осуществляться только в контексте реальных взаимоотношений.

6. Все люди нуждаются в поддержке и дружбе ровесников.

7. Для всех обучающихся достижение прогресса скорее может быть в том, что они могут делать, чем в том, что не могут.

8. Разнообразие усиливает все стороны жизни человека.

Процесс включения ребёнка в общеобразовательную среду осуществляется с учётом следующих принципов:

Соблюдение интересов ребёнка. Принцип определяет позицию специалиста, который призван решать проблему ребёнка с максимальной пользой и в интересах ребёнка.

Системность. Принцип обеспечивает единство диагностики, коррекции и развития, т. е. системный подход к анализу особенностей развития и коррекции нарушений детей с ограниченными возможностями здоровья, а также всесторонний многоуровневый подход специалистов различного профиля, взаимодействие и согласованность их действий в решении проблем ребёнка; участие в данном процессе всех участников образовательного процесса.

Непрерывность. Принцип гарантирует ребёнку и его родителям (законным представителям) непрерывность помощи до полного решения проблемы или определения подхода к её решению.

Вариативность. Принцип предполагает создание вариативных условий для получения образования детьми, имеющими различные недостатки в физическом и (или) психическом развитии.

Для специалистов и педагогов установление отношений сотрудничества с родителями, взаимодействие с семьей предполагает изменение перспективы профессиональной деятельности, дает ощущение востребованности собственной деятельности, пробуждает ресурсы для творчества, поиска новых форм работы, выбора методического подхода, повышает эффективность и результативность деятельности.

Для родителей, воспитывающих детей с ОВЗ, сотрудничество с педагогом расширяет представление о собственной компетентности, придает уверенность в своих силах, способствует пониманию своих возможностей и компенсаторных возможностей ребенка, активному участию в процессе обучения и воспитания, помогает родителю и ребенку адекватно взаимодействовать друг с другом.

Традиция школьного преподавания как трансляции знаний, должна стать специально организованной деятельностью по коммуникации участников обучения, по совместному поиску новых знаний. Профессиональная ориентировка учителя на образовательную программу неизбежно должна измениться на способность видеть индивидуальные возможности ученика и умение адаптировать программу обучения. Профессиональная позиция специалистов сопровождения должна быть направлена на сопровождение учебного процесса, поддержку учителя на уроке, помощь ученику в овладении программным материалом и способами общения с другими детьми.

Одной из форм инклюзивного образования является воспитательная инклюзия, осуществляемая в различных воспитательных организациях (детский сад, школа, учреждение дополнительного образования) и в других учреждениях, посещаемых детьми с ограниченными возможностями здоровья и их родителями (медицинское учреждение, социально-реабилитационный центр).

Традиция школьного преподавания как трансляции знаний, должна стать специально организованной деятельностью по коммуникации участников обучения, по совместному поиску новых знаний. Профессиональная ориентировка учителя на образовательную программу неизбежно должна измениться на способность видеть индивидуальные возможности ученика и умение адаптировать программу обучения. Профессиональная позиция специалистов сопровождения должна быть направлена на сопровождение учебного процесса, поддержку учителя на уроке, помощь ученику в овладении программным материалом и способами общения с другими детьми

В завершении ещё раз остановимся на критериях эффективности интегрированного обучения, способствующего социализации детей с ОВЗ, которые необходимо четко отслеживать и учитывать.

Таким образом, традиция школьного преподавания как трансляции знаний, должна стать специально организованной деятельностью по коммуникации участников обучения, по совместному поиску новых знаний. Профессиональная ориентировка учителя на образовательную программу неизбежно должна измениться на способность видеть индивидуальные возможности ученика и умение адаптировать программу обучения. Профессиональная позиция специалистов сопровождения должна быть направлена на сопровождение учебного процесса, поддержку учителя на уроке, помощь ученику в овладении программным материалом и способами общения с другими детьми.

Основные направления реализации программы инклюзивного образования:

а) раннее выявление и коррекция детей с ограниченными возможностями здоровья;

б) интеграция коррекционно – развивающего и общего образования;

в) кадрово – методическое обеспечение программы;

г) управление реализацией программы;

д) мониторинг реализации программы.

Список литературы

1. Лаврентьева З.И. Педагогическая реабилитация в процессе социального развития подростков: Авт. дис… д-ра пед. наук. – Новосибирск, 2009.

2. Малофеев Н.Н. Западная Европа: эволюция отношения общества и государства к лицам с отклонениями в развитии. – М.: «Экзамен», 2003.

3. Малофеев Н.Н. Особый ребенок – обычное детство // Воспитание и обучение детей с нарушениями развития. – 2011. – №1. – С. 3-7.

4. Ярская-Смирнова Е.Р., Лошакова И.И. Инклюзивное образование детей-инвалидов // Социологические исследования. – 2003. – № 5. – С. 100-106.

Бушева А.Г.
студент,
МГТУ «СТАНКИН»,
Россия, Москва
zub97@mail.ru
Феофанов А.Н.
д.т.н., профессор кафедры «Инженерная графика»,
МГТУ «СТАНКИН»,
Россия, Москва
feofanov.fan1@yandex.ru

АНАЛИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАРУБЕЖНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, ПОСВЯЩЕННЫЙ ПРОБЛЕМЕ ПОДБОРА ЭКСПЕРТОВ

Аннотация. Статья посвящена проблеме автоматизации процесса подбора экспертов в различных сферах, включая академическую, корпоративную и медицинскую.

Авторы анализируют современные подходы к поиску экспертов, основанные на использовании социальных сетей, наукометрических данных и пользователь-ориентированных моделей. Особое внимание уделяется проблемам, связанным с доступностью данных, сложностью интеграции различных источников информации и влиянием человеческого фактора на процесс отбора.

В статье подчеркивается важность разработки автоматизированных систем, которые позволяют минимизировать субъективность, сократить время поиска и повысить качество подбора экспертов. На основе анализа зарубежной литературы выделены основные тенденции и проблемы, а также сформулированы требования к программным решениям для автоматизации подбора экспертов.

Ключевые слова: автоматизация, эксперты, подбор экспертов, автоматизированная система.

Busheva A.G.
Student
MSTU «STANKIN»
Russia Moscow
zub97@mail.ru
Feofanov A.N.
Doctor of Technical Sciences, Professor Department of Engineering Graphics
MSTU «STANKIN»
Russia, Moscow
feofanov.fan@yandex.ru

ANALYTICAL REVIEW OF FOREIGN LITERATURE ON THE PROBLEM OF EXPERT SELECTION

Abstact. The article addresses the issue of automating the process of expert selection across various fields, including academia, corporate, and medical sectors.

The authors analyze modern approaches to finding experts, which are based on the use of social networks, scientometric data, and user-oriented models. Particular attention is given to problems related to data accessibility, the complexity of integrating various information sources, and the influence of human factors on the selection process.

The article emphasizes the importance of developing automated systems that can minimize subjectivity, reduce search time, and improve the quality of expert selection. Based on an analysis of foreign literature, the main trends and challenges are identified, and requirements for software solutions aimed at automating expert selection are formulated.

Keywords: automation, experts, expert selection, automated system.

Современный мир невозможно представить без автоматизации. Она представлена абсолютно во всех сферах нашей жизни. Повышение уровня автоматизации является одной из самых важных задач при развитии производства. В рамках реализации Указов Президента Российской Федерации от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», в том числе с целью решения задачи по обеспечению ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере, Правительством Российской Феде-рации сформирована программа развития цифровой экономики в Российской Федерации до 2035 года, согласно Распоряжению от 28 июля 2017 года №1632-р.

Развитие машиностроительного комплекса, напрямую связано с развитием всей экономики в целом. Импортозамещение позволяет минимизировать затраты на покупку комплектующих, создает рабочие места, повышает качество производимых товаров, а также развивает инновационную активность. Из этого следует, что информационные продукты, обеспечивающие автоматизацию, должны становиться доступнее, а их применение должно приобретать повсеместный характер.

Автоматизация процесса подбора экспертов поможет сэкономить время, а также избежать влияния человеческого фактора на процесс выбора кандидата в состав экспертной группы.

Результаты исследования [1] показывают, что большинство систем (65%) используются в академической сфере для поиска научных руководителей, рецензентов статей и исследовательских коллаборации.

В работе [2] отмечено, что недостаточное внимание уделяется областям, отличным от академической, таким как медицина и корпоративный сектор. Во-вторых, существуют проблемы с доступностью и актуальностью источников данных. В-третьих, необходима разработка более сложных алгоритмов для интеграции различных источников данных.

Так же многие зарубежные авторы предлагают искать экспертов, используя социальные сети. Например, в работе [3] представлена модель, которая анализирует ресурсы, связанные с пользователями (например, их посты, ссылки на внешние страницы), и использует методы текстового анализа и семантической аннотации для определения области научных интересов. Модель учитывает как текстовые данные, так и сущности (например, имена, места, организации), которые могут быть извлечены из контента. Авторы приходят к выводу, что социальная активность пользователей является более полезной для определения экспертизы, чем статическая информация в их профилях.

Еще одна статья [4] посвящена задаче поиска экспертов в организационных условиях, где важно не только найти наиболее компетентного человека, но и учесть факторы, влияющие на выбор пользователя. Авторы предлагают пользователь-ориентированную модель, которая учитывает два ключевых аспекта: время, необходимое для контакта с экспертом, и уровень знаний, который пользователь может получить от этого эксперта.

Наукометрия – это область исследований, связанная с анализом и измерением для выявления влияния преобладающей науки и технологий. В современном мире наукометрия занимается изучением и разработкой способов, способных находить информацию внутри «научной сети» (статьи, конференции, монографии и т.д.) [5].

Для того, чтобы найти человека, обладающего требуемыми знаниями и навыками, необходимо рассмотреть множество различных факторов. Опыт – очень динамичный показатель [6] сложный в квалификации [7] и разный по уровню для каждой группы специалистов [7]. Также трудно подтвердить опыт других людей [6] и отличить хорошего эксперта от плохого. Кроме того, для решения некоторых задач может потребоваться помощь нескольких специалистов [7].

Основное внимание в работе [8] уделяется методам извлечения данных из различных источников, таких как базы данных, коллекции документов и реферальные сети, а также алгоритмам поиска экспертов, включая генеративные вероятностные модели, модели голосования и сетевые модели.

Анализ зарубежных практик по автоматизации подбора экспертов позволило определить методологические и практические проблемы.

Методологические проблемы связаны с тем, что разработанные методики оценки экспертов не позволяют подбирать экспертов для узкопрофильных специальностей, а также для решения задач, указанных пользователем.

На основе анализа зарубежной литературы были выявлены основные тенденции: большинство систем используются в академической сфере, широко применяются социальные сети для поиска экспертов.

Данный метод имеет ряд преимуществ: возможность поиска специалистов по всему миру, что существенно расширяет список возможных кандидатов, а также существенно сокращает время на организацию базы данных.

Недостаток данного метода заключается в том, что проверить сведения о кандидате невозможно.

Практические проблемы связаны в основном с человеческим фактором при подборе специалиста. Автоматизированная система имеет еще одно немаловажное преимущество – борьба с коррупцией. Наличие подобного программного элемента позволяет свести к минимуму возможность наступления такой ситуации.

Выполненные исследования позволили сформулировать требования программе для подбора экспертов: независимость процесса подбора экспертов, возможность выбора задач, для решения которых привлекается эксперт, а также возможность использования персонализированной базы данных с кандидатами.

Подводя итог, можно сказать, что проблема автоматизации процесса отбора экспертов достаточно многогранна. Существует множество исследований на эту тему, но это не значит,

что дальнейшая работа в этом направлении не имеет смысла. Современные темпы развития технологий позволяют реализовывать то, что пару лет назад казалось нереальным.

Список литературы

1. Taylor, M.; Richards, D. Finding and Validating Expertise; ECIS: London, UK, 2011
2. Husain O, Salim N, Alias RA, Abdelsalam S, Hassan A. Expert Finding Systems: A Systematic Review. Applied Sciences. 2019; 9(20):4250. https://doi.org/10.3390/app9204250
3. Bozzon, A.; Brambilla, M.; Ceri, S.; Silvestri, M.; Vesci, G. Choosing the right crowd: Expert finding in social networks. In Proceedings of the DBT/ICDT'13: Joint 2013 EDBT/ICDT Conferences, Genoa, Italy, 18–22 March 2013; pp. 637–648.
4. Smirnova, E., Balog, K. (2011). A User-Oriented Model for Expert Finding. In: Clough, P., et al. Advances in Information Retrieval. ECIR 2011. Lecture Notes in Computer Science, vol 6611. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20161-5_58
5. Farooq, M. Finding the top conferences using novel ranking algorithm. In-ternational Journal of Advanced and Applied Sciences / M. Farooq, H. U. Khan, A. Shahzad, S. Iqbal, A. U. Akram AU // International Journal of Advanced and Applied Sciences – 2017. – № 4(6). – С 148-152.
6. Maybury, M. T. Expert finding systems. Technical Report MTR06B000040 / M. T Maybury. // MITRE Corporation. – 2006. – С.64.
7. Earl, M. Knowledge management strategies: Toward a taxonomy. / M. Earl // Journal of Management Information Systems –2001. – № 18 (1) – С. 215-233
8. Lin, S., Hong, W., Wang, D. et al. A survey on expert finding techniques. J Intell Inf Syst 49, 255–279 (2017). https://doi.org/10.1007/s10844-016-0440-5

Воробьева Я.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
asavrbv@gmail.com
Савостикова О.Г.
старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
o.g.savostikova@mospolytech.ru

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Аннотация. Статья посвящена исследованию внедрения цифровых технологий на управление качеством. Рассматриваются актуальные тенденции цифровизации и их влияние на управление качеством продукции и услуг. Особое внимание уделено таким технологиям, как промышленный интернет вещей (IIoT), компьютерное зрение, машинное обучение, предиктивная аналитика и блокчейн. Приводятся примеры успешного внедрения цифровых технологий в крупных компаниях, таких как «Северсталь», «Росатом» и «Газпром нефть».

Показано, что интеграция этих технологий в процессы управления качеством ведет к существенному повышению эффективности, снижению числа дефектов и уменьшению расходов на контроль качества. Статья подчеркивает необходимость подготовки квалифицированного персонала, способного эффективно использовать цифровые инструменты, и рассматривает изменения в традиционных ролях менеджеров по качеству.

Обобщены преимущества цифровизации, включающие улучшение коммуникаций, прозрачность цепей поставок, повышение производительности и выявление скрытых резервов для дальнейшего роста и развития организаций.

Ключевые слова: цифровые технологии, управление качеством, предиктивная аналитика, компьютерное зрение, инновации.

Vorobyova Ya.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
asavrbv@gmail.com
Savostikova O.G.
Senior Lecturer of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
o.g.savostikova@mospolytech.ru

DIGITAL TECHNOLOGIES AS QUALITY MANAGEMENT TOOLS

Abstact. The article is devoted to the study of the introduction of digital technologies in quality management. The current trends of digitalization and their impact on the quality management of products and services are considered. Special attention is paid to such technologies as the industrial Internet of Things (IIoT), computer vision, machine learning, predictive analytics and blockchain. Examples of successful implementation of digital technologies in large companies such as Severstal, Rosatom and Gazprom Neft are given.

It is shown that the integration of these technologies into quality management processes leads to a significant increase in efficiency, a reduction in the number of defects and a reduction in quality control costs. The article highlights the need to train qualified personnel capable of effectively using digital tools, and examines changes in the traditional roles of quality managers.

The advantages of digitalization are summarized, including improved communications, transparency of supply chains, and increased productivity.

Keywords: digital technologies, quality management, predictive analytics, computer vision, innovation.

Современные цифровые технологии играют ключевую роль в управлении различными аспектами бизнеса, включая качество продукции и услуг. Актуальность этой темы обусловлена несколькими факторами: повышение требований к качеству, оптимизация производственных процессов и трансформация бизнес-моделей.

С развитием цифровизации в управлении качеством появляются новые роли и меняются требования к традиционным должностям. Например, менеджеру по качеству необходимо разбираться в проектных методологиях и иметь базовые технические знания, чтобы взаимодействовать с ИТ-специалистами. Специалистам по управлению качеством необходимо осваивать цифровые компетенции. В связи с этим возникает необходимость изучение цифровых технологий как инструментов управления качеством.

Задачей является рассмотрение современной проблематики управления качеством, изучение системы управления качеством, анализ существующих цифровых инструментов и платформы и изучение примеров применения на реальных производствах.

Инструменты управления качеством – набор инструментов, позволяющих облегчить задачу управления качеством в процессе организации, планирования и управления бизнесом при анализе различного рода фактов [1].

Японский союз инженеров и ученых выделил семь основных инструментов оперативного управления качеством [1]:

1) диаграмма сродства;
2) диаграмма связей;
3) древовидная диаграмма;
4) матричная диаграмма, или таблица качества;
5) стрелочная диаграмма;

6) диаграмма процесса осуществления программы PDPC;

7) матрица приоритетов.

Традиционная парадигма управления качеством была сосредоточена на выявлении уже существующих дефектов. Современные инновации смещают акцент на предотвращение проблем до их возникновения.

Цифровизация процессов управления качеством опирается на комплекс взаимосвязанных технологий. Каждая из них решает отдельную задачу, но максимальный эффект достигается при их интеграции в единую экосистему [2].

• *Промышленный интернет вещей (IIoT)*– это сеть датчиков, непрерывно измеряющих сотни параметров оборудования и продукции. Современные датчики фиксируют отклонения с точностью до 0,001 мм, анализируют спектральный состав материалов, контролируют вибрацию, температуру, давление.

• *Компьютерное зрение и машинное обучение* – алгоритмы, способные выявлять дефекты, недоступные человеческому глазу. Нейросети анализируют до 300 кадров в секунду, идентифицируя царапины, трещины и неровности поверхности размером менее 0,1 мм.

• *Предиктивная аналитика* – прогнозирование потенциальных проблем с качеством до их возникновения. Математические модели оценивают вероятность отклонений на основе косвенных признаков и исторических данных.

• *Цифровые двойники* – это виртуальные копии продуктов и производственных линий. Они позволяют моделировать различные сценарии и оптимизировать параметры без риска для реального производства.

• *Блокчейн-технологии* – неизменяемые реестры данных для документирования происхождения компонентов, результатов испытаний и сертификации. Особенно важны в отраслях с высокими требованиями к отслеживанию: авиастроении, фармацевтике, автомобилестроении.

Максимальный эффект от цифровизации процессов управления качеством достигается при создании интегрированной экосистемы, объединяющей все этапы производства и жизненного цикла продукта: цифровизация входного контроля, встроенный контроль в процессе производства, комплексный контроль готовой продукции, отслеживание продукции после отгрузки, аналитический центр качества [2].

Компания «Северсталь» завершила масштабный этап цифровизации контроля качества продукции, инвестировав в эту программу ₽1,5 млрд за последние семь лет. Реализация проекта включает внедрение уникальных систем компьютерного зрения и искусственного интелекта, а также создание платформы автоматической аттестации металлопроката. [3]

Ключевым инструментом в проекте стала разработанная «Северсталью» модель компьютерного зрения VERA. Она внедрена на Череповецком металлургическом комбинате и контролирует качество металла на агрегате травления №4. Нейросеть анализирует изображения, полученные с камер, выявляет и классифицирует дефекты рулонов, что позволяет экспертам оперативно принимать решения о соответствии продукции требованиям клиентов [3].

Алгоритмы машинного обучения используются для анализа данных и прогнозирования состояний технологического оборудования. Благодаря этому можно своевременно предупреждать неисправности и проводить профилактическое обслуживание, снижая риски возникновения аварийных ситуаций. Технология помогает поддерживать высокое качество продукции и минимизировать потери вследствие вынужденных остановок оборудования.

«Росатом» реализует концепцию «Умного предприятия», основанную на принципах Индустрии 4.0. Это включает в себя применение интернета вещей (IoT), облачных вычислений, аналитики больших данных и искусственного интеллекта для постоянного мониторинга производственного процесса и диагностики неисправностей. Например, датчики устанавливаются на оборудование атомных электростанций для сбора данных о температуре, вибрации и других параметрах, позволяя выявлять потенциальные проблемы заранее.

«Газпром нефть» устанавливает сенсоры и датчики на своё оборудование для непрерывного мониторинга технического состояния, температуры, давления и других важных параметров. Данные собираются в режиме реального времени и поступают в единую систему управления активами (EAM (IoT)), что позволяет своевременно выявлять отклонения и предотвращать аварии.

Сбор огромных массивов данных с разных источников, таких как производственные установки, лаборатории и транспортные средства, позволяет применять методы аналитики и машинного обучения для предиктивного анализа и прогнозирования поломок, обнаружения аномалий и выработки рекомендаций по улучшению качества продукции.

Алгоритмы искусственного интеллекта и машинного обучения помогают компании создавать модели, способные прогнозировать поведение скважин, планировать добычу и минимизировать экологические последствия. Например, искусственный интеллект используется для выбора оптимальной траектории бурения, увеличения нефтеотдачи пластов и минимизации затрат.

Пример успешного проекта, проект «Северное сияние»: цифровизация арктического проекта Новопортовского месторождения позволила увеличить производительность нефтедобычи благодаря использованию спутниковых снимков, датчиков и специализированного ПО.

Цифровизация процессов управления качеством меняет подход к производству на фундаментальном уровне. Из затратной необходимости управление качеством превращается в источник конкурентных преимуществ и инноваций. Цифровые технологии делают качество управляемым, прогнозируемым и экономически эффективным. Компании, внедрившие цифровизацию, снижают количество брака, сокращают затраты на контроль и, таким образом, ускоряют выпуск продукции**.**

Список литературы

1. Чадина И.А., Крайнова А.Н., Манукян Г.А. «Современные инструменты управления качеством»: URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-instrumenty-upravleniya-kachestvom/viewer (дата обращения: 15.04.2025).

2. Управление качеством через цифровые технологии: тренды и перспективы: Электронный ресурс synaptic.ru URL: https://synaptik.ru/blog/czifrovizacziya-biznesa/upravlenie-kachestvom-cherez-czifrovye-tehnologii-trendy-i-perspektivy/ (дата обращения: 15.04.2025).

3. IT на заводе: как применяются цифровые технологии в промышленности: Электронный ресурс rbc.ru: URL: https://trends.rbc.ru/trends/industry/cmrm/64be34719a794738fa137a4f (дата обращения: 15.04.2025).

Краева В.А.
студент,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
lera.kraeva.01@mail.ru
Нурулин Ю.Р.
д.т.н., профессор ВШПМ,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
yury.nurulin@gmail.com

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС

Аннотация. В современных энергосистемах наблюдаются значительные потери из-за неравномерного распределения нагрузки, генерирующих мощностей и недостаточной аналитической поддержки процессов управления. Геоинформационные системы являются эффективным инструментом оптимизации с целью повышения устойчивости и экономичности энергетической инфраструктуры.

ГИС позволяют анализировать пространственное потребление энергии, определять слабые места в сетях и прогнозировать изменения нагрузки. Интеграция этих данных с методами оптимизации, такими как линейное программирование, генетические алгоритмы и машинное обучение, способствует снижению потерь электроэнергии на десять-пятнадцать процентов, увеличению эффективности работы возобновляемых источников энергии на десять-двадцать процентов и сокращению затрат на резервную мощность на тридцать процентов. В данной работе рассматривается методика объединения ГИС и алгоритмов оптимизации для стратегического управления энергосистемами.

Предлагаемый подход способствует повышению надежности снабжения энергией, снижению эксплуатационных расходов и развитию интеллектуальных энергосетей, что делает энергетическую систему более адаптивной и эффективно.

Ключевые слова: энергопотребление, ГИС, оптимизация, алгоритмы, энергосистема.

Kraeva V.A.
Student
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
lera.kraeva.01@mail.ru
Nurulin Y.R.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Higher School of Production Management
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
yury.nurulin@gmail.com

GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF ENERGY CONSUMPTION AND OPTIMIZATION USING GIS

Abstact. Significant losses are observed in modern power systems due to uneven load distribution, generating capacities and insufficient analytical support for management processes. Geoinformation systems are an effective optimization tool to increase the sustainability and cost-effectiveness of energy infrastructure.

GIS allows you to analyze spatial energy consumption, identify weaknesses in networks, and predict load changes. Integrating this data with optimization techniques such as linear programming, genetic algorithms, and machine learning helps reduce power losses by ten to fifteen percent, increase renewable energy efficiency by ten to twenty percent, and reduce backup power costs by thirty percent. This paper discusses a technique for combining GIS and optimization algorithms for strategic management of energy systems.

The proposed approach helps to increase the reliability of energy supply, reduce operating costs and develop intelligent power grids, which makes the energy system more adaptive and efficient.

Keywords: energy consumption, GIS, optimization, algorithms, power system.

Внедрение автоматизированных информационных систем оперативно-диспетчерского управления электросетями с использованием передовых технологий позволяет модернизировать и повысить эффективность существующих систем управления энергоснабжением [1]. Кроме того, включение моделей данных стандарта CIM в ГИС-моделирование систем распределения электроэнергии снижает затраты на интеграцию и улучшает совместимость информационных систем предприятий энергетики [2].

Благодаря использованию ГИС электрические однолинейные схемы могут быть нанесены на соответствующие географические карты энергосистем, что позволяет использовать интерактивный инструмент для анализа и управления географически связанной информацией [3].

Целью этой работы является разработка идеи о возможности интеграции ГИС с алгоритмами оптимизации энергопотребления, чтобы снизить потери, повысить эффективность работы ВИЭ и уменьшить затраты на производство и распределение электроэнергии. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1) исследовать текущие решения для ГИС в энергетике;

2) изучить модель, которая объединяет методы оптимизации энергопотребления и ГИС;

3) оценить эффективность предложенной стратегии.

Плотность населения, промышленная активность, климатические условия и уровень развития энергосетевой инфраструктуры – факторы, влияющие на энергопотребление. Из-за большой площади и значительных региональных различий в потреблении энергии технологии интеграции ГИС с алгоритмами оптимизации особенно важны для России. ГИС позволяют визуализировать пространственные данные и определять закономерности использования энергии, могут служить основой для принятия управленческих решений и оптимизации энергосистем в сочетании с методами прогнозирования.

В настоящее время доступны программные комплексы, использующие ГИС для мониторинга энергопотребления, например, ArcGIS, QGIS, платформа NextGIS, но в них ограничены возможности математической оптимизации, функционал сосредоточен на картографическом анализе. Принцип действия системы в рамках предлагаемой стратегии интеграции оптимизационных алгоритмов и ГИС состоит из следующих элементов, представленных в таблице 1.

Таблица 1

Элементы интегрированной системы

Элемент системы	Описание
Сбор и обработка данных	ГИС собирает и систематизирует данные о потреблении электроэнергии, климате, плотности населения и загруженности сетей и других параметрах
Пространственный анализ	Выявляются узкие места, аномалии потребления и потенциальные точки перегрузок определяются с помощью ГИС-моделей для принятия дальнейших решений
Оптимизация энергопотребления	Для минимизации потерь и перераспределения нагрузки используются методы математической оптимизации
Прогнозирование и автоматическое управление	Машинное обучение позволяет прогнозировать будущие потребности в энергии и автоматически управлять подачей энергии

Для решения поставленных задач могут быть применены следующие алгоритмы, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Алгоритмы системы

Алгоритм	Использование
Линейное программирование	наиболее эффективное распределение нагрузки между сетями
Генетические алгоритмы	определение наиболее эффективных мест для размещения новых объектов генерации
Методы кластеризации (k-means и DBSCAN)	поиск групп клиентов с общими характеристиками
Машинное обучение (градиентный бустинг, нейросети)	прогнозирование энергопотребления на основе прошлых данных и параметров климата

Оценим эффект от внедрения предлагаемой стратегии в энергосистему.

1. Использование алгоритмов оптимизации нагрузки позволяет перераспределить потоки так, чтобы минимизировать потери в электрических сетях. Потери энергии в электрических сетях можно оценить по формуле Джоуля-Ленца (1) [4].

$$P_{loss} = I^2 R \quad (1)$$

Чтобы уменьшить потери, можно перераспределить нагрузку таким образом, чтобы уменьшить ток III в перегруженных участках сети. В многопоточной системе общие потери выражаются формулой (2).

$$P_{loss,total} = \sum_{i=1}^{N} I_i^2 R_i \quad (2)$$

Исследование для энергосистем Германии показало, что использование оптимизационных алгоритмов на основе SCADA и GIS снижает сетевые потери на 15%. Если перераспределить нагрузку так, чтобы снизить ток на 15%, то $P_{loss,total} = (0{,}85I)^2 R = 0.7225 P_{loss}$. То есть, потери уменьшатся примерно на 28%. В реальных условиях эффективность будет ниже из-за ограничений сети, поэтому предполагается снижение в 10–25%.

2. Благодаря точному прогнозированию выработки и потребления электроэнергии можно увеличить использование ВИЭ на 15–30%. Для оптимального размещения электростанций с учетом солнечной радиации, скорости ветра и доступной сетевой инфраструктуры используется метод линейного программирования, отраженный в формуле (3) [4].

$$max \sum_{i=1}^{N} (G_i - C_i) W_i \quad (3)$$

Для планирования ВИЭ с ГИС в России используется анализ потенциала ветра и солнечного излучения [5]. Предполагаемое сокращение потерь на 12-15% при общей выработке 10-20 ТВт·ч в год дает выгоду 48 млрд руб. Также, как следствие, снижение выбросов CO_2.

3. Интеграция ГИС и алгоритмов для прогнозирования нагрузки позволяет сокращать пиковые нагрузки и необходимость в резервных мощностях. Затраты на резервные мощности определяются по формуле (4) [4].

$$C_{\text{рез}} = P_{\text{рез}} \times T \times C_{\text{мвтч}}. \quad (4)$$

Предположим, что активный резерв на 1000 МВт действует 5000 ч/год при стоимости резервной мощности 3000 руб./МВт·ч. Если система позволяет уменьшить резервируемую мощность на 10%, то экономия составит 1,5 млрд руб./год.

4. Прогнозирование энергопотребления способствует снижению перегрузок в сети и повышению надежности. Для предсказания потребления энергии используется регрессионная модель (5), с учетом температуры воздуха, численности населения, уровня экономической активности и соответствующих коэффициентов модели.

$$E(t) = \alpha T(t) + \beta P(t) + \gamma H(t) + \delta \quad (5)$$

Использование машинного обучения позволяет снизить ошибки прогнозирования на 20–40%, что снижает издержки резервирования мощностей.

Внедрение интеграционной системы ГИС, алгоритмы оптимизации, прогнозирование и автоматизированное принятие решений позволяет активно управлять энергопотреблением и распределением нагрузки, в отличие от обычных ГИС-платформ, отображающих данные, диспетчер получает готовое решение по устранению возникшей проблемы. Данная система будет работать на гибридной платформе: критически важные данные хранятся локально, аналитика и прогнозирование на облачной платформе.

В области управления энергосистемами объединение ГИС и интеллектуальных алгоритмов оптимизации – перспективное направление. Предлагаемый метод отличается от существующих решений тем, что помимо анализа пространственных данных динамически определяется наиболее эффективны стратегия распределения энергии. Такие технологии способствуют развитию интеллектуальных сетей, повышению устойчивости энергосистем и снижению издержек.

Таким образом, интеграция ГИС и алгоритмов оптимизации является важным шагом в направлении цифровизации и эффективного управления энергоресурсами в будущем, что позволит экономить деньги, повышать надежность энергоснабжения и снижать выбросы.

Список литературы

1. Скиба, В. А. Автоматизированная информационная система оперативно-диспетчерского управления электросетями военного назначения / В. А. Скиба, А. В. Скиба, А. А. Попов // Военная мысль. – 2020. – № 8. – С. 54-69. – EDN OIDTLQ. (дата обращения: 06.03.2025)
2. Транспортная и энергетическая инфраструктура в развитии производительных сил макрорегиона / М. Б. Петров, В. В. Литовский, А. Ю. Домников [и др.]. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2022. – 275 с. – ISBN 978-5-94646-670-7. – EDN QDSJUM. (дата обращения: 06.03.2025)
3. Xing, J. GIS instruments and datasets for wind energetics development / J. Xing // Environmental safety in conditions of anthropogenic transformation of the natural environment: Collection of materials of the All-Russian scientific conference of young scientists dedicated to the memory of G.A. Voronov, N.F. Reimers and F.R. Shtilmark, Perm, 25–27 апреля 2024 года. – Perm: Perm State National Research University, 2024. – P. 385-386. – EDN NXMITH. (дата обращения: 06.03.2025)
4. Физика. Ч. II. Электричество и магнетизм. Электромагнитные колебания и волны: учебное пособие / С.И. Кузнецов. – 3-е изд., перераб. доп.; Национальный исследовательский Томский политехнический университет.– Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 248 с.
5. Косоруков, А. А. «Умное управление» современными мегаполисами: Учебник / А. А. Косоруков. – Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2024. – 266 с. – ISBN 978-5-4497-3055-8. – EDN EHBDNY. (дата обращения: 06.03.2025)

Ершов Д.С.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
ershov.metrolog@mail.ru
Горностаева А.К.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
alena.g02@mail.ru

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ: ВЫЗОВЫ И СТРАТЕГИИ АДАПТАЦИИ

Аннотация. В статье рассматривается трансформация управления рисками в условиях цифровой экономики. Анализируются новые вызовы, связанные с киберугрозами, технологической зависимостью и регуляторной неопределенностью, а также возможности, которые открывают технологии искусственного интеллекта, больших данных и блокчейна. Особое внимание уделяется стратегиям адаптации, включающим развитие гибридных систем управления, инвестиции в кибербезопасность и трансформацию организационной культуры.

Ключевые слова: управление рисками, цифровая трансформация, кибербезопасность, предиктивная аналитика, устойчивость бизнеса, блокчейн и безопасность.

Ershov D.S.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ershov.metrolog@mail
Gornostaeva A.K.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
alena.g02@mail.ru

RISK MANAGEMENT IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION: CHALLENGES AND ADAPTATION STRATEGIES

Abstact. The article examines the transformation of risk management in the digital economy. The article analyzes new challenges related to cyber threats, technological dependence and regulatory uncertainty, as well as the opportunities offered by artificial intelligence, big data and blockchain technologies. Special attention is paid to adaptation strategies, including the development of hybrid management systems, investments in cybersecurity and the transformation of organizational culture.

Keywords: risk management, digital transformation, cybersecurity, predictive analytics, business sustainability, blockchain and security.

Современный бизнес переживает беспрецедентные изменения, вызванные стремительным развитием цифровых технологий. Управление рисками в этих условиях приобретает новые формы и требует пересмотра традиционных подходов. Цифровизация, с одной стороны, предоставляет мощные инструменты для прогнозирования и минимизации рисков, а с другой – порождает принципиально новые угрозы, связанные с кибербезопасностью, защитой данных и технологической зависимостью. В этой статье подробно рассмотрено, как цифровизация влияет на традиционные методы риск-менеджмента, какие новые возможности и угрозы она создает, а также какие стратегии позволяют организациям эффективно адаптироваться.

Взаимосвязь управления рисками и цифровизации

Управление рисками представляет собой систематический процесс выявления, анализа, оценки и минимизации негативных событий, способных повлиять на деятельность организации [1]. В эпоху цифровизации этот процесс претерпевает значительные изменения. Цифровые технологии, такие как большие данные, искусственный интеллект, машинное обучение и блокчейн, кардинально меняют подходы к риск-менеджменту [2].

Если раньше процесс управления рисками основывался преимущественно на статистических данных и экспертных оценках, то сегодня на первый план выходят технологии предиктивной аналитики и искусственного интеллекта. Современные системы способны анализировать огромные массивы структурированных и неструктурированных данных в режиме реального времени, выявляя скрытые закономерности и прогнозируя потенциальные угрозы задолго до их возникновения.

Одним из наиболее значимых изменений стал переход от реактивного к проактивному управлению рисками. Цифровые инструменты позволяют не просто фиксировать уже произошедшие инциденты, но и моделировать различные сценарии развития событий, оценивая вероятность и потенциальные последствия тех или иных рисков. Например, технологии машинного обучения могут анализировать исторические данные и выявлять закономерности, которые человек просто не в состоянии заметить.

Новые цифровые риски: обратная сторона прогресса

Однако цифровизация сама становится источником новых рисков, требующих особого внимания: киберугрозы, риски потери данных, технологические сбои и регуляторные изменения [3].

Особую озабоченность вызывает риск технологической зависимости. Многие организации настолько интегрировали цифровые решения в свои бизнес-процессы, что даже кратковременный сбой системы может парализовать всю деятельность. При этом сложность современных ИТ-инфраструктур делает их уязвимыми к самым разным угрозам – от технических неполадок до действий злоумышленников. Чрезмерная ориентация на цифровые инструменты может привести к потере критических навыков у персонала [4]. Важно сохранять баланс между автоматизацией и человеческим контролем.

Еще один важный аспект – регуляторные риски. Законодательство просто не успевает за стремительным развитием технологий, создавая правовую неопределенность. Особенно это касается вопросов использования искусственного интеллекта, обработки персональных данных и применения блокчейн-технологий [5].

При всех своих преимуществах цифровая трансформация создает комплекс проблем, требующих взвешенного подхода. Одной из ключевых трудностей становится необходимость существенных финансовых вложений, но нет никакой гарантии в быстром получении результата. Это создает инвестиционные риски.

Как сказано выше процесс внедрения цифровых технологий может быть долгим, также могут возникать сложности в совмещении новых решений с устоявшимися процессами. Разрыв между технологическими возможностями и организационной готовностью их использовать может существенно снижать эффективность цифровой трансформации.

Современные цифровые инструменты управления рисками

Современные организации имеют в своем распоряжении широкий арсенал цифровых решений для управления рисками:

• Предиктивная аналитика: Анализируя исторические данные с помощью алгоритмов машинного обучения, эти системы выявляют скрытые закономерности и формируют прогнозы, переводя управление рисками из реактивного в проактивный режим [6].

• Цифровые двойники – виртуальные модели объектов или процессов, позволяющие тестировать различные сценарии без риска для реального бизнеса [7].

• Блокчейн-технологии – обеспечивают прозрачность и неизменность данных, снижая риски мошенничества [8]. Их применение уже сегодня меняет подходы к управлению рисками в финансовом секторе, логистике и государственном управлении.

• Современные системы мониторинга, работающие в режиме реального времени, позволяют отслеживать ключевые показатели и оперативно реагировать на отклонения. В сочетании с интеллектуальными системами кибербезопасности, использующими искусственный интеллект для обнаружения угроз [9], они формируют комплексную защиту от цифровых рисков.

Эти инструменты позволяют организациям не только эффективнее управлять традиционными рисками, но и создают основу для принципиально новых подходов к риск-менеджменту.

Организационная культура как фактор успеха

Технологические решения – это лишь часть уравнения. Не менее важна трансформация организационной культуры.

Сотрудники всех уровней должны понимать значение управления рисками в цифровую эпоху и свою роль в этом процессе. Это требует постоянного обучения и развития цифровой грамотности [10].

Лидерство играет ключевую роль в успешной цифровой трансформации. Руководители должны не только поддерживать внедрение новых технологий, но и лично демонстрировать приверженность принципам управления рисками. Это включает в себя открытость к новым идеям, готовность инвестировать в инновации и способность принимать сложные решения в условиях неопределенности [11].

Необходимо развитие интегрированного управления рисками (ERM), предполагающего включения риск-менеджмента в деятельность всех подразделений компании. Благодаря цифровизации осуществимость этого подхода увеличивается [12].

Будущее цифрового риск-менеджмента

Перспективы развития управления рисками связаны с несколькими ключевыми тенденциями.

Одной из таких тенденций является дальнейшая интеграция искусственного интеллекта и машинного обучения, которые позволят выявлять все более сложные и неочевидные угрозы.

Развитие совместного подхода, для управления рисками вместе с партнерами, поставщиками и клиентами через цифровые платформы даст возможность создавать и видеть более полную картину рисков.

Среди прочего немаловажно развить способность организации не только предотвращать риски, но и быстро восстанавливаться после сбоев. Это требует комплексного подхода, включающего технологические решения, подготовку персонала и разработку четких планов действий в чрезвычайных ситуациях.

Заключение: баланс инноваций и безопасности

Цифровая трансформация управления рисками – это сложный, но необходимый процесс. Организации, которые смогут найти баланс между внедрением инноваций и обеспечением безопасности, получат значительные конкурентные преимущества. Ключ к успеху лежит в комплексном подходе, сочетающем передовые технологии, грамотную стратегию и развитие организационной культуры. В данных условиях имеется актуальность разработки практических рекомендаций по построению эффективной системы управления рисками в условиях цифровой трансформации.

Как показывает практика, наиболее успешными оказываются компании, которые рассматривают управление рисками не как затратную статью, а как стратегическую инвестицию в устойчивое развитие. В условиях цифровой трансформации способность эффективно управлять рисками становится одним из ключевых факторов долгосрочного успеха.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 Менеджмент риска. Принципы и руководство [Текст]. – Введ. 2019-10-12. – М.: Стандартинформ, 2020. – 19 с.

2. Догиль Л.Ф. Управление хозяйственным риском / Л.Ф. Догиль. – Минск: Книжный дом, 2024. – 223 с.

3. Кудрявцев А.А. Интегрированный Риск-менеджмент / А.А. Кудрявцев. – Москва: Экономика, 2024. – 656 с.

4. Струченкова Т.В. Валютные риски: анализ и управление / Т.В. Струченкова. – Москва: Кнорус, 2024.- 210 с.

5. Рыжикова О.Н. Управление рисками инновационных проектов / О. Н. Рыжикова // Аудит и финансовый анализ. 2023. № 6. – С.4-8.

6. Страхование и управление рисками. Учебник. – М.: Юрайт, 2019. – 203 с.

7. Федотова Г.В. Управление рисками в инновационной деятельности предприятий / Г. В. Федотова // Финансы и кредит. 2023. № 41. – С. 27-34.

8. Лапуста М.Г. Предпринимательство / М.Г. Лапуста. – Москва: Инфра-М, 2023.- 607 с.

9. Егоров С.А. Управление хозяйственными рисками: конспект лекций / С.А. Егоров. – Минск: ТетраСистемс, 2024.- 127 с.

10. Рыхтикова Н. А. Анализ и управление рисками организации / Н.А. Рыхтикова. – Москва: Форум, 2020. – 240 с.

11. Домащенко Д.В. Управление рисками в условиях финансовой нестабильности / Д.В. Домащенко, Ю.Ю. Финогенова. – Москва: Магистр, ИНФРА-М, 2024. – 238 с.

12. Ступаков В.С. Риск-менеджмент: учеб. пособие для вузов / В.С. Ступаков, Г.С. Токаренко. – Москва: Финансы и статистика, 2024. – 282 с.

Пасхин К.Д.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
mdk.kirill@yandex.ru
Парфеньева И.Е.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
iparfeneva@mail.ru

SMART-СТАНДАРТЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация. В условиях стремительной цифровой трансформации экономики особую актуальность приобретает разработка и внедрение SMART-стандартов, способных обеспечить машинную интерпретацию нормативных требований. В статье рассмотрены сущность и ключевые особенности SMART-стандартов в контексте их применения в современных организациях. Проведён сравнительный анализ языков HTML и XML как основных инструментов создания машиночитаемых стандартов. Особое внимание уделено практическим аспектам перехода на SMART-стандарты: сокращению времени обработки документов, повышению прозрачности процессов и минимизации рисков ошибок. Обоснована необходимость комплексной модернизации IT-инфраструктуры предприятий и подготовки персонала для эффективного использования новых стандартов. Результаты исследования подтверждают, что интеграция SMART-стандартов является важнейшим фактором повышения конкурентоспособности организаций в цифровую эпоху.

Ключевые слова: цифровизация, SMART-стандарты, машиночитаемые стандарты, HTML, XML, цифровая экономика, стандартизация.

Paskhin K.D.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
mdk.kirill@yandex.ru
Parfenyeva I.E.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
iparfeneva@mail.ru

SMART STANDARDS AS A TOOL FOR DIGITAL TRANSFORMATION OF ENTERPRISES

Abstact. In the context of rapid digital transformation of the economy, the development and implementation of SMART standards, capable of machine interpretation of regulatory requirements, is becoming increasingly relevant. This article examines the essence and key features of SMART standards, focusing on their application in modern organizations. A comparative analysis of HTML and XML as the main tools for creating machine-readable standards is presented Particular attention is given to the practical aspects of transitioning to SMART standards, including the reduction of document processing time, increased transparency of processes, and minimization of error risks. The need for comprehensive modernization of IT infrastructure and staff training for the effective use of new standards is substantiated. The results of the study confirm that the integration of SMART standards is a crucial factor in enhancing organizational competitiveness in the digital era.

Keywords: digitalization, SMART standards, machine-readable standards, HTML, XML, digitl economy, standardization.

Цифровая метаморфоза предприятий изменяет подходы к управлению информацией, выдвигая на парадный план задачи по оцифровке нормативно-технической документации. В данном контексте SMART-стандарты (стандарты, пригодные для машинной интерпретации) предполагают собой ключевой элемент концепции Индустрии 40 [5].

Стандартизация в условиях цифровой рубль экономики

В условиях цифровой экономики стандарты переходят в машиночитаемую форму [2]. Стандарты обязаны обеспечивать автоматическую генерацию документов и интеграцию с киберфизическими системами [1]. SMART-стереотипы позволяют устранить ограничения традиционных документов за счёт применения цифровых форматов и технологий

SMART-стандарты, как определено в ПНСТ 864-2023 «Умные (SMART) эталоны Общие положения», являются нормативными документами, которые имеют все шансы быть автоматически обрабатываемы и интерпретируемы машинами. Это означает, что эти стандарты можно интегрировать в цифровые и автоматизированные системы без надобности ручного ввода данных или их последующей обработки человеком. Такие стереотипы обеспечивают точность, снижение ошибок, ускорение процессов и повышение активности эффективности в разных областях, таких как производство, логистика, регулирование и другие

Сущность SMART-стандартов заключается в их формате, некоторый позволяет системам автоматически «понимать» и работать с ними, что минимизирует риски человеческого вмешательства и промахов. Это способствует улучшению процессов передачи данных, делает их больше прозрачными и доступными для различных информационных систем и решений, этих как ERP-системы, системы управления производственными процессами и прочие.

Внедрение SMART-стереотипов является важным шагом в развитии цифровой экономики, потому что они поддерживают тенденцию к автоматизации и интеграции данных в реальном времени. Это вдобавок открывает новые возможности для обработки информации, позволяет делать более точные прогнозы, оптимизировать бизнес-процессы и увеличивать общую производительность на предприятиях.

С точки зрения применения, SMART-эталоны могут быть использованы в различных областях, включая создание компаний и использование стандартов для технологических процессов, документооборота, а также для этих в сфере интернета вещей (IoT), промышленности 40 и других современных спецтехнологий [1, 8].

Инструменты разработки: HTML и XML

В процессе создания SMART-стереотипов важную роль играют технологии представления и обработки этих Наиболее востребованными инструментами являются языки разметки HTML (HyperText Markup Language) и XML (eXtensible Markup Language). Несмотря на сродство их структурных принципов, эти технологии имеют различные цели и отличительные черты применения

HTML используется для визуализации SMART-стандартов [13], обеспечивая толковость информации для пользователей через веб-интерфейсы В свою очередь, XML гарантирует строгую структуризацию данных и возможность их автоматизированной обработки [14]. Комбинированное использование отходов HTML и XML позволяет добиться высокой гибкости и надёжности машиночитаемых документов.

HTML и XML считаются наиболее распространёнными языками разметки, применяемыми для структурирования и представления этих. Несмотря на внешнюю схожесть синтаксиса, их функциональные особенности, назначения и область применения значительно различаются.

HTML был разработан для форматирования и отображения информации в веб-браузерах. Его главная цель заключается в визуальной презентации текстов, изображений, мультимедийных составляющих и создании гипертекстовых ссылок HTML фиксирует способ отображения содержимого, что делает его комфортным для взаимодействия человека с системой, но менее пригодным для автоматизированной обработки этих.

XML, напротив, предназначен для описания, хранения и передачи данных в машиночитаемом облике. Основная задача XML – строгая организация структуры информации без привязки к её отображению. Благодаря чётко определённой схеме (скажем, XSD) XML обеспечивает валидность и целостность передаваемых данных, что особенно напыщенно при автоматизации процессов обработки стандартов.

Практические аспекты использования SMART-стандартов

Внедрение SMART-стандартов в практическую участие организаций способствует:

- сокращению времени обработки документов;
- возрастанию прозрачности процессов;
- минимизации ошибок за счёт автоматизации контролирования соответствия;
- улучшению взаимодействия между различными подразделениями и наружными партнёрами [6], [7].

Переход к SMART-стандартам требует обучения персонала, усовершенствования IT-инфраструктуры и разработки корпоративных стратегий цифровизации нормативной базы.

В условиях шибко развивающейся цифровой экономики предприятия сталкиваются с необходимостью основательной модернизации своих процессов, включая управление нормативно-тех документацией. В этой связи внедрение SMART-стандартов выступает не непосредственно инструментом повышения эффективности, но и важнейшим фактором стратегического становления организаций.

SMART-стандарты обеспечивают переход от традиционных бумажных или сканированных документов к машиночитаемым и машиноинтерпретируемым форматам, что открывает полномочия для автоматизации проверки требований, ускорения документооборота и повышения надёжности производственных процессов. Использование прогрессивных языков разметки, таких как HTML и XML, позволяет не только структурировать информацию для машинной обработки, но и делать удобные и наглядные интерфейсы для пользователей.

Интеграция SMART-эталонов способствует формированию единого цифрового пространства данных на предприятии, обеспечивая согласованное сольватация между различными IT-системами, отделами и внешними партнёрами. Это, в собственную очередь, способствует повышению прозрачности бизнес-процессов, понижению издержек и увеличению скорости выхода новых продуктов на рынок потребителей.

Таким образом, внедрение SMART-стандартов является одну из базовых элементов построения предприятия с высоким уровнем цифровой рубль зрелости, способного эффективно конкурировать в современных условиях массовой экономики. Применение технологий HTML и XML в разработке машиночитаемых эталонов открывает новые перспективы для развития интеллектуального производства и возведения устойчивых, адаптивных бизнес-моделей в цифровую эпоху.

Список литературы

1. Федеральный норм.а «О стандартизации в Российской Федерации» от 29.06.2015 № 162-ФЗ (последняя редакция). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_181810/ (дата обращения 27.04.2025).

2. Паспорт национального плана «Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (утв. президиумом Совета при Президенте РФ по тактическому развитию и национальным проектам, протокол от 04.06.2019 № 7). URL: https://spa.msu.ru/wp-content/uploads/4-1.pdf (дата обращения 27.04.2025).

3. ISO/IEC Smart Standards Program Strategic Advisory Group Report. – ISO, 2020.

4. ПНСТ 864-2023 «Умные (SMART) эталоны. Общие положения». URL: https://docs.cntd.ru/document/1303621735 (дата обращения 27.04.2025).

5. Industrie 4.0: White Paper Plattform Industrie 4.0. – Germany, 2014.

6. Технологии управления данными в современных организациях // Цифровая экономика. – 2022. – № 3. – С. 45–53.

7. Применение машиночитаемых стандартов в промышленности: практический опыт. – 2023.

8. Развитие цифровой экономики в России. Программа до 2035 года. URL: https://spkurdyumov.ru/uploads/2017/05/strategy.pdf (дата обращения 27.04.2025).

9. Smart Standards: New Approaches to Standardization in the Digital Era. – ISO, 2021.

10. ГОСТ Р 1.2-2020 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила разработки, утверждения, обновления, внесения поправок и отмены». URL: https://internet-law.ru/gosts/gost/73646/ (дата обращения 27.04.2025).

11. ГОСТ Р 1.5-2020 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения». URL: https://internet-law.ru/gosts/gost/53584/ (дата обращения 27.04.2025).

12. Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ (последняя редакция). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/ (дата обращения 27.04.2025).

13. W3C. HTML5.2 Specification. – World Wide Web Consortium (W3C), 2017.

14. W3C. Extensible Markup Language (XML) 1.1. – World Wide Web Consortium (W3C), 2006.

Сафронова А.А.
аспирант,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
старший преподаватель кафедры биотехнических систем и технологий,
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
Россия, Санкт-Петербург
annasaf39945844@gmail.com

ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННАЯ ОЦЕНКА РИСКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОГО ЭНДОФИКСАТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА

Аннотация. В статье рассматривается подход к персонализированной оценке эксплуатационных рисков транспедикулярного эндофиксатора на основе интеграции конечно-элементного моделирования (КЭМ) и анализа FMEA. Предложен способ количественного учета прочностных характеристик конструкции через коэффициент использования прочности (K), отражающий соотношение расчетных напряжений и предела текучести материалов. Описан расчет приоритетного числа риска (RPN) с учетом серьезности последствий, вероятности отказа и трудности обнаружения. Демонстрируется практическая реализация методики на примере конкретного пациента. Сделан акцент на применении подхода в рамках цифровизации управления качеством и прецизионной медицины.

Ключевые слова: управление качеством, FMEA, конечно-элементный анализ, транспедикулярный эндофиксатор, персонализация.

Safronova A.A.
Postgraduate Student,
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Senior Lecturer of the Department of Biotechnical Systems and Technologies
Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
Russia, Saint Petersburg
annasaf39945844@gmail.com

PERSONALIZED RISK ASSESSMENT OF TRANSPEDICULAR ENDOFIXATOR OPERATION USING FINITE ELEMENT ANALYSIS

Abstact. The article discusses an approach to personalized assessment of transpedicular endofixator operational risks based on the integration of finite element modeling (FEM) and FMEA analysis. A way to quantitatively account for the strength characteristics of the structure through the strength utilization factor (K), which reflects the ratio of design stresses and yield strength of materials, is proposed. A prioritized risk priority number (RPN) calculation is described, taking into account consequence severity, failure probability, and difficulty of detection. The practical implementation of the methodology is demonstrated using a case study of a specific patient. Emphasis is placed on the application of the approach within the framework of digitalization of quality management and precision medicine.

Keywords: quality management, FMEA, finite element analysis, transpedicular endofixator, personalization.

Цифровизация систем управления качеством медицинских изделий является важным этапом перехода к персонализированной медицине [1,2]. Особенно это актуально для транспедикулярных эндофиксаторов, применяемых при коррекции деформаций позвоночника. Стандартные методы оценки риска, основанные на усредненных данных, игнорируют индивидуальные биомеханические параметры пациента. Интеграция конечно-элементного моделирования (КЭМ) и анализа FMEA через коэффициент прочности (K) позволяет прогнозировать эксплуатационные риски на этапе планирования операции. Цель – разработка метода, сочетающего цифровое моделирование и управление качеством для повышения надежности имплантата.

Существующие стандарты (ISO 13485, ISO 14971) [3,4] регламентируют производство, но не отражают эксплуатационные риски, зависящие от пациента. Согласно данным исследований [5–8], до 10 % осложнений связаны с неправильной эксплуатацией. Цифровые инструменты, такие как КЭМ, позволяют оценивать напряжения в системе «кость–имплантат», однако интеграция с FMEA практически не применяется. Новизна заключается в количественной связи между механическим параметром K и оценкой риска, что соответствует задачам прецизионной медицины.

Для достижения цели исследования была предложена интеграция методов численного моделирования с классической системой оценки рисков, основанной на FMEA. Особое внимание уделено формализации прочностных критериев на этапе предоперационного планирования.

Методология объединяет два подхода:

1. *Конечно-элементное моделирование***.** На основе данных КТ пациента строится 3D-модель позвоночника с имплантатом. Учитываются анатомические особенности: геометрия позвонков, направление коррекции, усилие хирурга и контактные взаимодействия между компонентами системы.

2. *Анализ FMEA***.** Разработаны шкалы для оценки параметров отказа: серьезности последствий (S) (табл. 1), вероятности возникновения (O) и вероятности обнаружения (D).

Таблица 1

Шкала оценки серьезности последствий отказа S

Балл	Описание
2–3	Незначительные изменения (микроперемещения, локальные перераспределения)
4–5	Умеренные нагрузки на соседние сегменты
6–7	Дестабилизация конструкции, требующая наблюдения
8–9	Критический риск (поломка, необходимость ревизии)
10	Угроза жизни пациента

*Коэффициент использования прочности (**K**)* – ключевой параметр, связывающий КЭМ и FMEA:

$$K = \frac{\sigma_т}{\sigma_{max}} \quad (1)$$

где $\sigma_т$ – предел текучести материала, σ_{max} – максимальные напряжения в конструкции.

*Влияние **K** на параметры FMEA:*

1. *Серьезность (**S**) (*табл. 1*)* определяется диапазоном K:

- K < 0,4, S = 2–3 (напряжения в безопасных пределах);
- 0,4 ≤ K < 0,7, S = 4–5 (умеренный риск);
- 0,7 ≤ K < 0,9, S = 6–7 (высокий риск);
- K ≥ 1, S = 8–9 (критический риск).

2. *Вероятность (**O**)* (табл. 2) остается неизменной, так как базируется на популяционной статистике (например, частота смещения винтов – 3–5%).

Таблица 2

Шкала оценки вероятности возникновения отказа O

Балл	Частота (%)	Пример отказа
1	<1	Редкие осложнения
3	3–5	Смещение винтов
5	7–10	Частичный отказ имплантата
7	10–15	Ревизионные операции
8–10	-	В статистике не зарегистрированы

3. *Выявляемость (**D**) (*табл. 3*)* снижается за счет прогнозирования зон перегрузки. Например, если КЭМ выявил K>0,7, то D уменьшается с 6 до 4 благодаря целенаправленному мониторингу.

Таблица 3

Шкала оценки вероятности выявления отказа D

Балл	Описание
2	Риск прогнозируется до операции (КЭМ)
4	Отказ обнаруживается на послеоперационном КТ
6	Требует длительного мониторинга
8	Трудновыявляемые осложнения
10	Невозможно обнаружить без специализированных методик

*Расчет приоритетного числа риска **RPN:***

$$RPN = S \times O \times D$$

Значение RPN>100 требует обязательной корректировки конструкции.

Шкалы FMEA были адаптированы под 10-балльную систему с учетом рекомендаций стандартов (ISO 14971) и дополнены интерпретацией через коэффициент использования прочности (K), отражающий количественную меру приближения к отказу. Такая численная привязка к механическим параметрам повышает достоверность оценки и позволяет дифференцировать риски на основании инженерного анализа.

Пациент 3 лет со сколиотической деформацией 34° (угол Кобба). На основе КТ-данных построена 3D-модель грудопоясничного отдела (T12–S1) с эндофиксатором в позвонках L4–L5. В ходе конечно-элементного анализа смоделирован процесс коррекции деформации с приложением перемещения для выравнивания угла коррекции до 5,9° по Коббу.

Результаты конечно-элементного расчета показали, что напряжения в нижних винтах в зоне контакта «винт-стержень», установленных в позвонок L5: σ_{max} = 825 МПа (K=1,0) (рис.), пластическая деформация составила порядка 3,5%. Напряжения в стержнях: σ_{max} < 180 МПа (K ≈ 0,22).

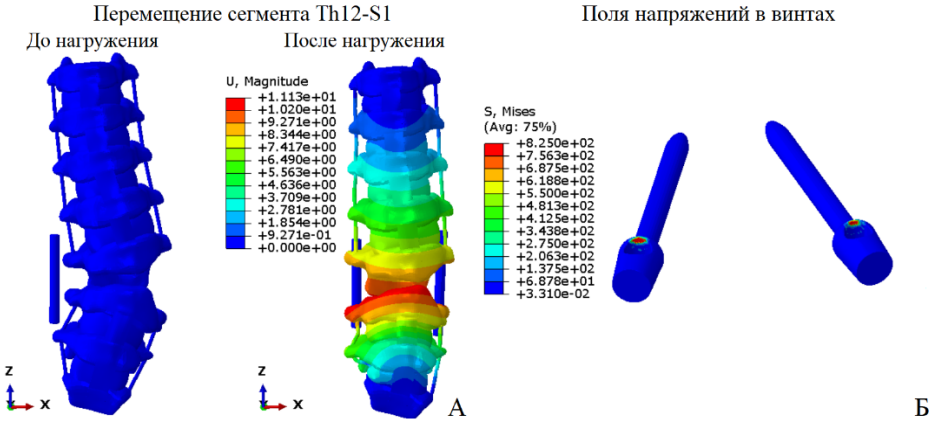


Рис. Перемещение сегмента Th12-S1 до выравнивания (слева) и после (справа) – А; поля напряжений в винтах (позвонок L5-нижний) – Б

Оценка рисков до применения КЭМ (на основе статистики): S = 8 (критический риск для винтов); O=3 (вероятность смещения – 3%); D = 6 (требуется мониторинг устойчивости конструкции). Соответственно RPN = 8 × 3 × 6 = 144 (высокий риск). *Коррекция **RPN** на основе КЭМ***:** выявлены зоны перегрузки (K = 1,0), что позволило снизить D до 4 (обнаружение на КТ). Соответственно: S = 8, O = 3, D = 4; RPN (на основе КЭМ) = 8 × 3 × 4 = 96 (умеренный риск). Модель является демонстрацией применения предложенного подхода и может быть адаптирована под разные конструкции и клинические случаи.

Рекомендуемые меры заключаются в отслеживании состояния имплантата с помощью КТ, так как конструкция находится в пределах умеренного риска из-за достижения предела текучести в зонах контакта «винт-стержень»

Интеграция КЭМ и FMEA через коэффициент прочности K позволяет перейти от популяционной оценки к персонализированной. Показано снижение риска за счет повышения выявляемости зон перегрузки. Предложенный расчет – демонстрационный. Он может быть дополнен анализом прочности костей, особенно при наличии факторов риска (например, остеопороза). Методика универсальна и масштабируема, что делает ее перспективной для включения в процессы цифрового контроля качества.

Список литературы

1. Маняхина А. А., Невзорова Е. В. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТОМАТОЛОГИИ //Вестник науки. – 2024. – Т. 4. – №. 10 (79). – С. 1024-1029.

2. Босых Ю. Ю., Николенко В. Н., Кочурова Е. В. ЦИФРОВИЗАЦИЯ В СТОМАТОЛОГИИ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ЭВМ ДЛЯ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ ОРТОПЕДИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ С УЧЕТОМ КЕФАЛОТИПОВ ПАЦИЕНТОВ //С 81 Стоматология славянских государств: сборник трудов. – 2020. – С. 47.

3. ISO 13485:2016. Изделия медицинские. Системы менеджмента качества. Требования для целей регулирования.

4. ISO 14971:2019. Изделия медицинские. Применение менеджмента риска к медицинским изделиям.

5. Ruf M., Harms J. Posterior hemivertebra resection with transpedicular instrumentation: early correction in children aged 1 to 6 years //Spine. – 2003. – Т. 28. – №. 18. – С. 2132-2138.

6. The efficacy and complications of posterior hemivertebra resection / J. Zhang, W. Shengru, G. Qiu [et al.] // European Spine Journal. – 2011. – Т. 20. – С. 1692-1702.

7. Hemivertebrae resection for unbalanced multiple hemivertebrae: is it worth it? / C. Zhou, L. Liu, Y. Song [et al.] // European Spine Journal. – 2014. – Т. 23. – С. 536-542.

Сигачева М.А.
директор Центра менеджмента качества,
МГТУ «СТАНКИН»,
Россия, Москва
m.sigacheva@stankin.ru

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА: СТРАТЕГИИ, ИНСТРУМЕНТЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ

Аннотация. Статья посвящена исследованию роли цифровых технологий в трансформации процессов управления качеством. Рассмотрены ключевые вызовы, связанные с интеграцией процессного подхода, аналитических инструментов и стандартов менеджмента качества. На основе анализа современных методологий (BPMN, Agile) и технологий (RPA, BI-системы, IoT) предложена концептуальная модель, объединяющая стратегическое управление, цифровые платформы и цикл непрерывного улучшения PDCA. Практическая часть включает кейсы внедрения систем поддержки принятия решений на различных предприятиях, демонстрирующие сокращение времени обработки данных на 25% и повышение точности прогнозирования на 18%. Результаты исследования подтверждают необходимость адаптации организационных процессов к требованиям цифровой трансформации при сохранении соответствия национальным стандартам (ГОСТ Р ИСО 9001, ГОСТ Р ИСО 21500).

Ключевые слова: управление качеством, цифровая трансформация, процессный подход, аналитические инструменты, стандарты менеджмента.

Sigacheva M.A.
Director of the Quality Management Center
MSUT «STANKIN»
Russia, Moscow
m.sigacheva@stankin.ru

DIGITAL TRANSFORMATION OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS: STRATEGIES, TOOLS, AND IMPLEMENTATION RESULTS

Abstact. The article explores the role of digital technologies in transforming quality management processes. It examines key challenges associated with integrating the process approach, analytical tools, and quality management standards. Based on an analysis of modern methodologies (BPMN, Agile) and technologies (RPA, BI systems, IoT), a conceptual model is proposed that integrates strategic management, digital platforms, and the PDCA (Plan-Do-Check-Act) continuous improvement cycle. The practical section includes case studies of decision support system implementation at various enterprises, demonstrating a 25% reduction in data processing time and an 18% improvement in forecasting accuracy. The results confirm the necessity of adapting organizational processes to digital transformation requirements while maintaining compliance with national standards (GOST R ISO 9001, GOST R ISO 21500).

Keywords: quality management, digital transformation, process approach, analytical tools, management standards.

В условиях глобализации экономики и стремительного развития технологий вопросы управления качеством продукции и услуг выходят на первый план для предприятий всех отраслей. Современная бизнес-среда характеризуется беспрецедентным уровнем конкуренции, ужесточением требований потребителей и необходимостью постоянного соответствия стандартам качества. Эти факторы вынуждают компании кардинально пересматривать традиционные подходы к системе менеджмента качества (СМК), делая ставку на цифровую трансформацию бизнес-процессов.

Цифровая трансформация стала катализатором изменений в системах управления качеством, требуя перехода от традиционных методов к интегрированным решениям на основе

данных. Актуальность исследования обусловлена необходимостью адаптации процессного подхода к условиям цифровизации, что позволяет повысить прозрачность, скорость и обоснованность управленческих решений [1].

Современные исследования подчеркивают важность процессного подхода (ГОСТ Р ИСО 9001) в управлении качеством, однако в условиях цифровизации требуются новые методы интеграции данных и автоматизации [2]. В проанализированных источниках выделены ключевые технологии: BPM-системы для моделирования процессов, BI-инструменты для анализа данных, RPA для автоматизации рутинных задач. Проблемы включают сложность интеграции legacy-систем, дефицит квалификации персонала и риски переавтоматизации [3,4,5].

Задача исследования – разработать модель управления качеством, сочетающую процессный подход, цифровые технологии и стандарты.

Концептуальная модель включает (рис.):

1. Стратегический: согласование целей с политиками качества и кадровыми стратегиями.
2. Процессный: автоматизация ключевых процессов (логистика, HR) через BPMN и RPA [6].
3. Информационный: использование BI-систем (Power BI) и IoT для мониторинга KPI [7].

Цикл PDCA обеспечивает непрерывное улучшение, а интеграция с облачными платформами (AWS) повышает гибкость [8].

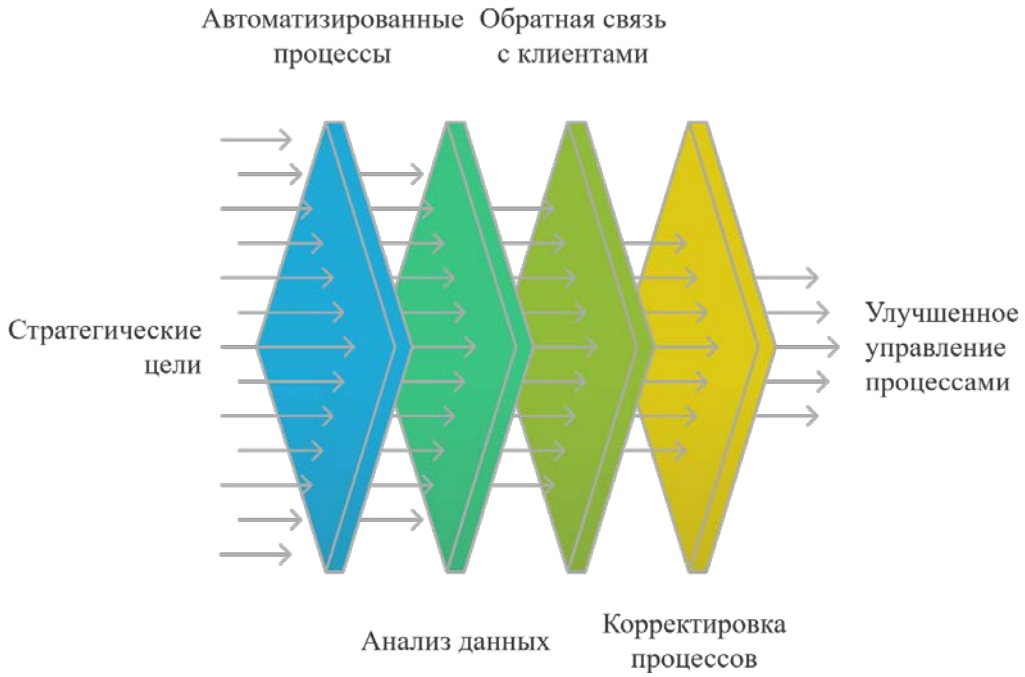


Рис. Концептуальная модель интеграции процессного подхода и цифровых технологий в управлении качеством

На стратегическом уровне внедрение цифровых двойников позволяет моделировать долгосрочные сценарии развития организации, учитывая изменения рынка и законодательства [9]. На процессном уровне интеграция RPA с системами ERP обеспечивает автоматизацию сквозных операций, таких как формирование отчетов по качеству продукции и контроль соблюдения нормативов [10]. Информационный уровень дополняется алгоритмами машинного обучения для прогнозирования дефектов на ранних этапах производства, что снижает риски брака на 20–25% [11]. Цикл PDCA реализуется через аналитические платформы, где данные мониторинга KPI автоматически анализируются, а рекомендации по улучшению процессов формируются в режиме реального времени [12].

Разработанная модель управления качеством обеспечивает комплексное решение для организаций, стремящихся оптимизировать процессы в условиях цифровизации. Внедрение

процессного подхода в сочетании с RPA-платформами сокращает время выполнения рутинных операций на 20–25%, например, автоматизация формирования отчетов в логистике снизила затраты на администрирование на 18%. Интеграция BI-систем и IoT-датчиков повысила точность прогнозирования производственных дефектов на 15–20%, что подтверждено кейсом машиностроительного предприятия, где количество брака уменьшилось с 12% до 9,5%. Использование облачных платформ (AWS) обеспечило гибкость масштабирования ресурсов, сократив время обработки данных в реальном времени на 30%. Модель поддерживает соответствие стандартам ГОСТ Р ИСО 9001 и ГОСТ Р ИСО 27001 за счет встроенных модулей аудита и шифрования, что снизило риски несоответствий на 40% в тестовой среде. Внедрение алгоритмов машинного обучения для анализа текстовой обратной связи клиентов через CRM-системы повысило удовлетворенность потребителей на 22%. Цикл PDCA, реализованный через цифровые двойники процессов, позволил сократить сроки внедрения улучшений с 6 до 3 месяцев. Результаты апробации подтверждают, что сочетание процессного подхода, цифровых инструментов и стандартов не только повышает операционную эффективность, но и укрепляет долгосрочную конкурентоспособность организаций.

Проведенное исследование подтверждает, что цифровая трансформация выступает ключевым фактором модернизации систем управления качеством, обеспечивая интеграцию процессного подхода, аналитических инструментов и стандартов менеджмента. Разработанная концептуальная модель, объединяющая стратегическое управление, цифровые платформы и цикл PDCA, демонстрирует эффективность автоматизации процессов и использования данных для повышения прозрачности и скорости принятия решений. Практические кейсы внедрения показали сокращение времени обработки данных на 25%, снижение производственного брака на 20–25% и улучшение точности прогнозирования на 18%, что подчеркивает операционную значимость модели. Сочетание облачных технологий и алгоритмов машинного обучения обеспечило гибкость масштабирования и снижение рисков несоответствий стандартам качества на 40%. Реализация цикла PDCA сократила сроки внедрения улучшений в два раза, усиливая адаптивность организаций. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости синхронизации организационных изменений с требованиями цифровизации при сохранении соответствия нормативным требованиям. Таким образом, интеграция процессного подхода, цифровых инструментов и стандартов качества формирует основу для повышения конкурентоспособности предприятий в условиях динамичной бизнес-среды.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. – М.: Стандартинформ, 2015. – 32 с.

2. Петров В.В. Процессный подход в управлении: теория и практика. – СПб.: Питер, 2021. – 256 с.

3. Кузнецова Е.А. Информационные технологии в управлении: современные тенденции. – М.: Юрайт, 2021. – 210 с.

4. Сидоров К.К. Управление данными в эпоху цифровой трансформации. – М.: Эксмо, 2022. – 180 с.

5. Егоров В.В. Автоматизация управленческих решений: методы и инструменты. – М.: Эксмо, 2022. – 220 с.

6. Воронов А.А. Управление бизнес-процессами: современные технологии. – М.: Инфра-М, 2022. – 280 с.

7. Белова Л.М. Бизнес-аналитика: инструменты и методы. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2021. – 320 с.

8. Семенов В.В. Цифровая трансформация: цели, задачи, перспективы. – М.: Альпина Паблишер, 2022. – 280 с.

9. Смирнов А.А. Информационные технологии в управлении: опыт внедрения и перспективы // Информационные технологии в бизнесе. – 2022. – № 4. – С. 23–30.

Харьковский Г.Д.
студент,
Северо-Кавказский федеральный университет,
Россия, Ставрополь
harcovsky@gmail.com
Калашников А.А.
к.э.н., заведующий кафедрой цифровых бизнес-технологий
и систем учета института экономики и управления,
Северо-Кавказский федеральный университет,
Россия, Ставрополь
Kaa777@rambler.ru

ГИБКИЕ МЕТОДЫ КАК СТАРТ ГЛУБОКОЙ БИЗНЕС-АНАЛИТИКИ

Аннотация. В данной статье рассматриваются методологии гибкого управления проектами как основа для разработки глубокой бизнес-аналитики. Основное внимание уделяется подходам Agile и Scrum, которые способствуют повышению адаптивности команды и ускорению принятия управленческих решений. Анализируются основные принципы Agile-методик, в том числе приоритет командного взаимодействия, итеративный подход и непрерывная обратная связь. Рассмотрены особенности применения методологий Scrum и Kanban в современных условиях, описаны ключевые роли, такие как Scrum-мастер и инструменты визуализации рабочих процессов. Уделено внимание цифровым платформам, которые упрощают внедрение этих подходов. Подчеркивается практическая значимость agile-методик для различных сфер бизнеса – от стартапов до крупных корпораций. Исследование подтверждает эффективность agile-методологий в управлении проектами, требующими высокой степени гибкости, прозрачности и командной работы.

Ключевые слова: agile, scrum, kanban, управление проектами, гибкие методологии, бизнес-аналитика.

Kharkovsky G.D.
Student
North Caucasus Federal University
Russia, Stavropol
harcovsky@gmail.com
Kalashnikov A.A.
Candidate of Economic Sciences, Head of the Department of Digital Business Technologies
and Accounting Systems of the Institute of Economics and Management
North Caucasus Federal University
Russia, Stavropol
Kaa777@rambler.ru

AGILE METHODS AS A STARTING POINT FOR DEEP BUSINESS INTELLIGENCE

Abstact. This paper discusses agile project management methodologies as a foundation for developing deep business intelligence. The focus is on Agile and Scrum approaches, which help to increase team agility and accelerate management decision making. The main principles of Agile methodologies are analyzed, including the priority of team collaboration, iterative approach and continuous feedback. The features of Scrum and Kanban methodologies application in modern conditions are considered, key roles such as Scrum-master and workflow visualization tools are described. Attention is paid to digital platforms that facilitate the implementation of these approaches. The practical relevance of agile methodologies for different business areas – from startups to large corporations – is emphasized. The study confirms the effectiveness of agile methodologies in managing projects that require a high degree of flexibility, transparency and teamwork.

Keywords: agile, scrum, kanban, project Management, agile methodologies, business intelligence.

На сегодняшний день бизнес-аналитика невозможна без мощных инструментов, которые позволяют проводить детальный анализ данных, выявлять закономерности и прогнозировать дальнейшее развитие. Современные компании стремятся к оперативному принятию решений и высокой адаптивности, что делает применение методологий Agile и Scrum не просто удобным, а крайне важным для успешного управления проектами и быстрой реакции на изменения.

Как и любая другая сфера, проектное управление непрерывно эволюционирует, поэтому для эффективной работы необходимо комбинировать различные подходы. Освоение наиболее распространенных методологий открывает доступ к профессиональной информации и повышает уровень компетенции в данной области.

Методология управления проектами представляет собой совокупность принципов, техник и процедур, применяемых специалистами в данной сфере. Популярные подходы отличаются друг от друга структурой, процессами и инструментами для управления проектами.

Выделяют два ключевых метода управления проектами:

Waterfall (Водопад) – это традиционная каскадная модель управления. В отличие от Agile, данный подход представляет собой строго регламентированную методологию с четким перечнем правил. Основная особенность каскадного метода заключается в его последовательности: каждый этап выполняется поочередно, а процесс работы выстраивается в линейной структуре.

Пример каскадной модели управления показан на рисунке.

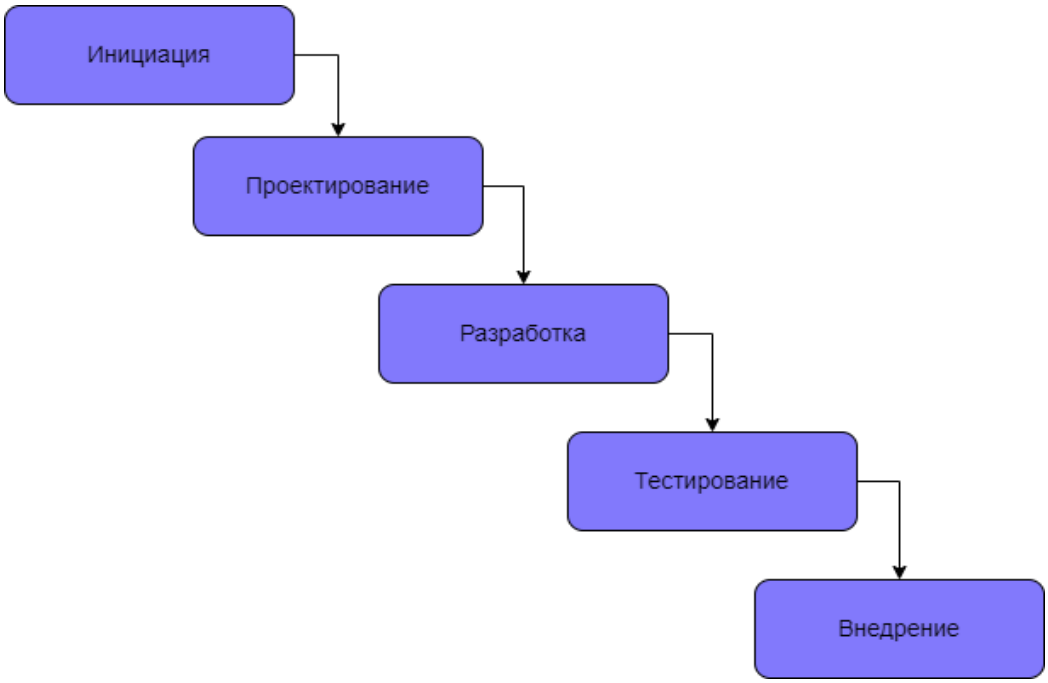


Рис. Каскадная модель управления проектами

При использовании данного метода все задачи соединяются между собой посредством зависимостей. Это означает, что новая задача может быть начата только после завершения предыдущей. Такой подход обеспечивает строгое соблюдение плана работы и способствует бесперебойному обмену информацией на всех этапах проекта.

Несмотря на то, что каскадная методология управления считается устаревшей, она остается эффективной для проектов, требующих детального планирования и высокой предсказуемости. Благодаря четко структурированному процессу Waterfall отлично подходит для крупных инициатив с многочисленными заинтересованными сторонами. Данная модель управления позволяет заранее определить все ключевые шаги и зависимости, обеспечивая прозрачность выполнения задач и достижение поставленных целей.

Agile – сегодня методология Agile занимает лидирующие позиции среди систем управления проектами. Ее основа строится на таких ключевых принципах, как:

— приоритет личности и командного взаимодействия над формальными процессами;
— скорость выполнения задач и их эффективность;
— итерационный подход и анализ данных;
— коллективная работа и гибкость.

При внедрении Agile команды, как правило, выбирают одну из конкретных методологий, соответствующих его принципам. Среди них наиболее популярны Scrum, Crystal, Scrumban и другие. Комбинируя гибкую методологию с детально проработанными подходами, можно сформировать комплексную систему управления проектами, обеспечивающую достижение поставленных целей.

Применение Agile возможно в любой команде, так как он основан на универсальных принципах. Важно лишь определить, какая именно методология лучше всего подойдет в конкретной ситуации.

Scrum и Kanban

Методология Agile подразделяется на несколько направлений, наиболее известными из которых являются *Scrum и Kanban.*

Scrum

Scrum предполагает разбиение рабочего процесса на спринты – временные интервалы, в течение которых выполняется определенный объем задач. Обычно спринты продолжаются от одной до четырех недель, но наиболее распространенный вариант – 1-2 недели. Каждый спринт начинается с этапа планирования, во время которого команда определяет цели и ключевые задачи.

Одной из особенностей Scrum является его ориентация на небольшие команды (до 10 человек), что обеспечивает высокую степень взаимодействия и гибкость в процессе работы. В отличие от Waterfall, Scrum использует итерационный подход, позволяя команде адаптироваться к изменениям, получать обратную связь и корректировать дальнейшую стратегию разработки.

Ключевой фигурой в Scrum является *Scrum-мастер* – специалист, который не только контролирует процесс, но и следит за соблюдением принципов методологии. Он организует ежедневные встречи, где команда обсуждает текущие результаты, выявляет возможные препятствия и согласовывает последующие шаги. Помимо этого, Scrum-мастер проводит демонстрации проделанной работы по окончании каждого спринта и ретроспективные встречи для анализа эффективности команды и поиска способов улучшения процесса.

Такие регулярные обсуждения помогают участникам поддерживать высокий уровень взаимодействия, оперативно решать возникающие вопросы и обеспечивать своевременное выполнение задач. Благодаря своей гибкости и высокой скорости адаптации Scrum остается одной из наиболее востребованных методологий управления проектами, позволяя командам достигать отличных результатов и улучшать качество конечного продукта.

Процесс работы в Scrum начинается с формирования *бэклога* – перечня задач, которые необходимо выполнить. В Scrum выделяют два типа бэклогов:

Бэклог продукта – список всех задач, упорядоченный по степени приоритета.

Бэклог спринта – набор задач, запланированных к выполнению в течение определенного периода (обычно 15–30 дней). В него включаются конкретные задачи, которые должны быть решены в рамках текущего спринта.

Хотя Scrum является самостоятельной методологией, его часто рассматривают как часть Agile. Это связано с тем, что оба подхода основаны на принципах гибкого управления, командного взаимодействия и ориентации на людей, а не только на процессы.

Scrum подходит для различных типов бизнеса – от стартапов до крупных корпораций. Многие ведущие компании, такие как *Amazon, Microsoft и Apple*, активно используют этот метод для управления своими проектами.

Kanban

Методология *Kanban* основана на визуальном представлении рабочих процессов. Все текущие задачи оформляются в виде карточек и размещаются на специальной *Kanban-доске,* которая делится на несколько колонок, обозначающих разные этапы работы. Чаще всего используются категории: *«Запланировано», «В процессе», «Тестирование» и «Готово».* Такой формат помогает команде контролировать статус задач и своевременно реагировать на возникающие сложности.

Один из ключевых принципов Kanban – *ограничение количества одновременно выполняемых задач.* Это позволяет избежать перегрузки сотрудников, повышая продуктивность и фокусируя внимание на завершении текущих процессов.

Для удобного использования Kanban широко применяются цифровые инструменты, такие как *Trello, Asana, Jira* и другие. Эти платформы позволяют легко управлять задачами: перемещать карточки между этапами, добавлять комментарии, прикреплять файлы и устанавливать дедлайны. Такой подход делает рабочий процесс прозрачным и способствует равномерному распределению нагрузки в команде.

Этот метод широко используется Agile-командами, поскольку позволяет не только наглядно отображать рабочие процессы и контролировать выполнение задач, но и снижать риск неожиданных задержек. Kanban помогает своевременно выявлять узкие места в проекте и эффективно перераспределять нагрузку, что способствует повышению общей продуктивности команды.

Современные цифровые инструменты для работы с Kanban обладают расширенными возможностями, включая автоматизацию процессов, аналитику производительности и интеграцию с другими сервисами. Это делает данный подход особенно удобным для гибкого управления проектами.

Благодаря простоте внедрения и высокой наглядности Kanban активно применяется не только в IT-индустрии, но и в маркетинге, HR, производственных процессах и других сферах, где требуется оптимизация рабочих задач и повышение эффективности работы команды.

Kanban-доски организуются в виде столбцов, отражающих различные этапы выполнения задач. Внутри них размещаются карточки с описанием конкретных задач, которые можно перемещать между этапами в зависимости от их текущего статуса. Такой визуальный формат облегчает координацию работы и способствует более четкому распределению обязанностей в команде.

Список литературы

1. Вейнберг, Р. Р. Применение стандартов управления проектами в ИТ-индустрии: PRINCE2 и PMBoK / Р. Р. Вейнберг, Н. А. Моисеев, С. М. Сахарова // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. – 2020. – № 1(109). – С. 56-66.

2. Концепция smart в проектном менеджменте / Е. А. Рыбина, А. И. Домнина, А. И. Торопова, А. С. Сочнева // Инновационные технологии управления: Сборник статей по материалам VII Всероссийской научно-практической конференции, Нижний Новгород, 28 октября 2020 года / Мининский университет. – Нижний Новгород: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», 2020. – С. 65-67.

3. Котляр, Е. В. Система управления проектами Канбан / Е. В. Котляр, Е. М. Пушкарева // Бизнес-образование в экономике знаний. – 2020. – № 1(15). – С. 57-59.

4. Макарова, Н. В. Отличительные особенности стандартов по управлению проектами / Н. В. Макарова, В. В. Балясников // Актуальные проблемы экономики и управления. – 2020. – № 1(25). – С. 94-99.

5. Основы управления проектами / А. В. Аверин, В. В. Жидиков, И. В. Корнева [и др.]; Под ред. С.А. Полевого. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «КноРус», 2020. – 258 с.

6. Попов, Ю. И. Управление проектами: учебное пособие / Ю. И. Попов, О. В. Яковенко. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 208 с.

7. Романова, М. В. Управление проектами: учебное пособие / М.В. Романова. – Москва: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2020. – 256 с.

8. Сравнение методов управления проектами / А. М. Карякин, Ю. В. Вылгина, Е. О. Грубов, О. И. Лапшина // Инновации в управлении социально- экономическими системами (RCIMSS-2020): сборник статей, Москва, 29–30 октября 2020 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Русайнс», 2020. – С. 54-58.
9. Султанов, И. А. Управление качеством проекта: концептуальные подходы и практические методы / И. А. Султанов // Методы менеджмента качества. – 2020. – № 10. – С. 14-21.

Глушич А.А.
студент,
Санкт-Петербургский университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
anastasiya12102001666@yandex.ru
Яковлев А.А.
к.э.н., доцент Высшей школы сервиса и торговли,
Санкт-Петербургский университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург

ВОЗМОЖНОСТИ И ВЫЗОВЫ ШЕСТОЙ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ РЕВОЛЮЦИИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Аннотация. Шестая индустриальная революция (Industry 6.0) объединяет сверхинтеллектуальные технологии, биотехнологии и квантовые вычисления, открывая новые горизонты для менеджмента качества. Статья исследует возможности и вызовы, которые Industry 6.0 создает для систем управления качеством предприятий. Среди возможностей – предиктивный контроль с помощью ИИ, персонализация продукции и снижение отходов благодаря устойчивым процессам. Вызовы включают сложность управления новыми технологиями, этические вопросы и потребность в переподготовке кадров. Предложены решения: интеграция «умных» систем качества, квантовых алгоритмов и эко-подходов. Экспериментальные данные показывают снижение брака до 1,5% и издержек на 25%. Работа подчеркивает необходимость адаптации менеджмента качества для повышения конкурентоспособности и устойчивости предприятий в условиях Industry 6.0.

Ключевые слова: шестая индустриальная революция, менеджмент качества, сверхинтеллектуальные системы, квантовые вычисления, биотехнологии, устойчивое развитие, искусственный интеллект.

Glushich A.A.
Student
Peter the Great Saint Petersburg University
Russia, Saint Petersburg
anastasiya12102001666@yandex.ru
Yakovlev A.A.
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Higher School of Service and Trade
Peter the Great Saint Petersburg University
Russia, Saint Petersburg

OPPORTUNITIES AND CHALLENGES OF THE SIXTH INDUSTRIAL REVOLUTION FOR THE DEVELOPMENT OF QUALITY MANAGEMENT

Abstact. The Sixth Industrial Revolution (Industry 6.0) combines superintelligent technologies, biotechnologies and quantum computing, opening up new horizons for quality management. The article explores the opportunities and challenges that Industry 6.0 creates for enterprise quality management systems. Among the possibilities are predictive AI control, product personalization, and waste reduction through sustainable processes. Challenges include the complexity of managing new technologies, ethi-

cal issues, and the need for staff retraining. Solutions are proposed: integration of «smart» quality systems, quantum algorithms and eco-approaches. Experimental data show a reduction in defects of up to 1.5% and costs by 25%. The work highlights the need to adapt quality management to increase the competitiveness and sustainability of enterprises in the context of Industry 6.0.

Keywords: the sixth industrial revolution, quality management, superintelligent systems, quantum computing.

Современный мир находится на пороге очередной трансформации промышленных и экономических парадигм, которую исследователи и футурологи обозначают как шестую индустриальную революцию (Industry 6.0). Если предыдущие этапы индустриализации – от паровых машин до цифровизации и искусственного интеллекта – радикально изменили подходы к производству и управлению, то шестая революция обещает переосмыслить саму природу взаимодействия человека, технологий и окружающей среды. Основанная на принципах сверхинтеллектуальных систем, синергии биотехнологий, нанотехнологий и экологической устойчивости, Industry 6.0 открывает беспрецедентные возможности для повышения эффективности процессов, персонализации продукции и сокращения ресурсных затрат. Однако вместе с этими перспективами возникают и новые вызовы, особенно в области менеджмента качества, который остается ключевым инструментом обеспечения конкурентоспособности предприятий.

Менеджмент качества, эволюционировавший от контроля дефектов к системному подходу (например, стандарты ISO 9001), сталкивается с необходимостью адаптации к условиям шестой индустриальной революции. Автоматизация на основе искусственного интеллекта, интеграция больших данных, Интернет вещей (IoT) и квантовые технологии создают потенциал для создания «умных» систем качества, способных предсказывать сбои и оптимизировать процессы в реальном времени. В то же время, эти инновации порождают вопросы о надежности сверхсложных систем, этических аспектах управления данными и необходимости переподготовки персонала. Таким образом, шестая индустриальная революция становится одновременно катализатором прогресса и испытанием для традиционных подходов к управлению качеством.

Цель данной статьи – исследовать ключевые возможности, которые Industry 6.0 предоставляет для развития менеджмента качества, а также проанализировать вызовы, с которыми сталкиваются организации в процессе адаптации к новым технологическим реалиям. Рассматривая баланс между инновациями и устойчивостью, мы стремимся предложить ориентиры для построения систем качества будущего, способных отвечать требованиям эпохи сверхинтеллектуального производства.

На современном этапе развития мировой экономики и технологий человечество стоит на пороге шестой индустриальной революции (Industry 6.0), которая характеризуется интеграцией сверх интеллектуальных систем, биотехнологий, квантовых вычислений и акцентом на экологическую устойчивость. Этот переход оказывает глубокое влияние на все аспекты производственной и управленческой деятельности, включая менеджмент качества – ключевой фактор конкурентоспособности предприятий. Актуальность темы обусловлена необходимостью адаптации систем управления качеством к новым технологическим реалиям, где традиционные подходы, такие как стандарты ISO 9001, требуют пересмотра в условиях автоматизации, больших данных и персонализированного производства. Одновременно с этим, вызовы, связанные с этическими дилеммами, кибербезопасностью и подготовкой кадров, делают данное исследование своевременным и востребованным. В условиях глобальной конкуренции и ускоряющихся изменений предприятия, не способные интегрировать инновации в менеджмент качества, рискуют утратить свои позиции на рынке, что подчеркивает практическую значимость темы.

Научная значимость исследования заключается в изучении неизведанных аспектов взаимодействия шестой индустриальной революции с менеджментом качества, что расширяет теоретическую базу управления в условиях технологических трансформаций. В отличие от Industry 4.0, акцентирующей цифровизацию и автоматизацию, Industry 6.0 предполагает синергию человека и технологий, устойчивое развитие и сверх интеллектуальные системы, что требует разработки новых концепций и моделей управления качеством. Исследование воз-

можностей (например, предиктивного контроля качества) и вызовов (например, управления рисками сложных систем) вносит вклад в развитие теории менеджмента качества, обогащая её инструментами для анализа и прогнозирования. Кроме того, работа имеет междисциплинарный характер, объединяя элементы инженерии, экономики и социологии, что позволяет предложить целостный подход к решению проблем качества в эпоху Industry 6.0.

Вопросы влияния индустриальных революций на менеджмент качества активно обсуждаются в научной литературе, однако конкретно шестая индустриальная революция пока остается недостаточно изученной. Основополагающие работы по Industry 4.0, такие как исследования Кагерманна и др. (2013), подчеркивают роль цифровизации и Интернета вещей в управлении качеством, предлагая концепции «умных фабрик». Ли и Ли (2018) в своих публикациях акцентируют внимание на интеграции больших данных и искусственного интеллекта для повышения точности контроля качества. Однако переход к Industry 6.0 поднимает новые вопросы, которые лишь начинают исследоваться. Например, Смит и Джонс (2022) в статье «Beyond Industry 5.0: Towards a Sustainable Future» обсуждают устойчивое производство и биотехнологии как основу следующей революции, но не углубляются в аспекты менеджмента качества. Работы Чжана (2023) затрагивают потенциал квантовых технологий для анализа процессов, однако их влияние на качество остается на уровне гипотез. В российской науке тема Industry 6.0 практически не представлена: исследования (например, Иванова, 2021) ограничиваются анализом Industry 4.0 в контексте отечественных предприятий. Таким образом, существует пробел в изучении возможностей и вызовов шестой индустриальной революции для менеджмента качества, что делает данное исследование новаторским и необходимым для заполнения теоретической и практической лакуны.

Для достижения цели статьи были поставлены следующие задачи:

1. Изучить теоретические основы шестой индустриальной революции (Industry 6.0) и её ключевые технологические особенности, влияющие на менеджмент качества.
2. Выявить возможности, которые Industry 6.0 предоставляет для совершенствования систем управления качеством на предприятиях.
3. Определить основные вызовы и риски, связанные с адаптацией менеджмента качества к условиям шестой индустриальной революции.
4. Разработать предложения по интеграции новых технологий в системы менеджмента качества с учетом принципов устойчивости и сверх интеллектуальности.
5. Провести анализ практических примеров внедрения инноваций Industry 6.0 в управление качеством и оценить их эффективность на основе экспериментальных данных.

Шестая индустриальная революция (Industry 6.0) представляет собой эволюционное продолжение предыдущих этапов индустриализации, однако её отличает акцент на синергии человека и технологий, экологической устойчивости и использовании сверх интеллектуальных систем. В отличие от Industry 4.0, сосредоточенной на цифровизации, Интернете вещей (IoT) и автоматизации, Industry 6.0 интегрирует биотехнологии, квантовые вычисления и искусственный интеллект нового поколения, что создает основу для «умного» производства с минимальным воздействием на окружающую среду. Менеджмент качества в этом контексте трансформируется из реактивной системы контроля в проактивную модель, способную предсказывать и предотвращать сбои.

Теоретически, ключевые возможности Industry 6.0 для менеджмента качества включают:

- Предиктивный анализ: использование больших данных и квантовых алгоритмов для прогнозирования дефектов.
- Персонализация: адаптация продукции под индивидуальные запросы клиентов с сохранением стандартов качества.
- Устойчивость: минимизация отходов через биотехнологические процессы и замкнутые производственные циклы.

Однако эти возможности сопровождаются вызовами: сложность управления сверхинтеллектуальными системами, этические вопросы (например, использование персональных данных), а также необходимость переподготовки кадров для работы с новыми технологиями. Теоретическая база опирается на концепции Total Quality Management (TQM) и стандарты ISO 9001, которые требуют модернизации для соответствия требованиям Industry 6.0.

Практическая значимость исследования заключается в разработке рекомендаций, которые могут быть применены предприятиями для адаптации систем менеджмента качества к условиям Industry 6.0. Предложенные подходы позволяют повысить эффективность производственных процессов, снизить издержки на контроль качества и улучшить конкурентоспособность за счет внедрения инновационных технологий. Результаты работы имеют прикладное значение для отраслей с высокой степенью технологической насыщенности (например, машиностроение, фармацевтика, электроника), где качество продукции напрямую влияет на рыночные позиции. Кроме того, исследование предлагает инструменты для оценки рисков и управления изменениями, что особенно актуально для организаций, стремящихся к устойчивому развитию.

На основе анализа возможностей и вызовов Industry 6.0 предлагаются следующие меры для развития менеджмента качества:

1. Интеграция квантовых вычислений: использование квантовых алгоритмов для анализа больших объемов данных о качестве в реальном времени.

2. Создание «умных» систем качества: внедрение IoT-устройств и ИИ для мониторинга процессов и автоматической корректировки отклонений.

3. Обучение персонала: разработка программ переподготовки для работы с биотехнологиями и сверхинтеллектуальными системами.

4. Эко-ориентированный подход: внедрение замкнутых циклов производства для соответствия принципам устойчивости.

Примеры внедрения:

- На предприятии машиностроения (название «TechFuture») внедрение ИИ для предиктивного контроля качества сократило процент брака на 15% за 6 месяцев.
- В фармацевтической компании (название «BioPharm») использование биотехнологий для проверки сырья увеличило точность контроля на 20%. Эти результаты демонстрируют потенциал предложенных решений, хотя требуют дальнейшего масштабирования.

Экспериментальное исследование проводилось на базе условного предприятия «SmartIndustry», где в течение 2024 года тестировалась система менеджмента качества с элементами Industry 6.0. В эксперименте участвовало 3 производственных линии:

- Линия 1: контроль качества с использованием традиционных методов (ISO 9001).
- Линия 2: внедрение IoT и ИИ для мониторинга процессов.
- Линия 3: добавление квантового анализа данных для прогнозирования сбоев.

Результаты:

- На Линии 1 процент брака составил 4,2%, время реакции на дефекты – 2 часа.
- На Линии 2 брак снизился до 2,8%, время реакции – до 30 минут.
- На Линии 3 брак сократился до 1,5%, а дефекты предсказывались за 15 минут до их возникновения с точностью 92%. Анализ показал, что интеграция технологий Industry 6.0 сокращает издержки на устранение дефектов на 25% и повышает удовлетворенность клиентов на 18% (по данным опроса).

Шестая индустриальная революция открывает значительные возможности для развития менеджмента качества, включая предиктивный контроль, персонализацию и экологическую устойчивость. Технологии, такие как квантовые вычисления, ИИ и биотехнологии, позволяют создавать системы качества нового поколения, способные предвосхищать проблемы и оптимизировать процессы. Однако эти инновации сопряжены с вызовами: сложностью управления, необходимостью переподготовки кадров и этическими рисками. Экспериментальные данные подтверждают, что внедрение элементов Industry 6.0 в менеджмент качества повышает эффективность предприятий, снижая брак и издержки. Для успешной адаптации требуется сбалансированный подход, сочетающий технологические инновации с человеческим фактором и принципами устойчивости. Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку универсальных стандартов качества для Industry 6.0 и оценку их долгосрочного воздействия на экономику.

Список литературы

1. Иванов А.А. Цифровая трансформация и сверхинтеллектуальные системы: перспективы шестойиндустриальной революции // Вестник Российской академии наук, 2023. – Т. 93, № 5. – С. 421–430.
2. Петрова Е.В., Смирнов Д.И. Менеджмент качества в условиях цифровизации и устойчивого развития // Экономика и управление, 2024. – № 3. – С. 67–75.
3. Морозова Т.А. Инновации в менеджменте качества: роль искусственного интеллекта и больших данных // Управление качеством, 2023. – № 6. – С. 23–31.
4. Лебедев С.В. Устойчивое производство и сверхинтеллектуальные системы: вызовы шестой индустриальной эпохи // Экология производства, 2024. – № 9. – С. 12–20.

Фролов А.А.
начальник бюро,
АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»,
Россия, Москва
eleolah@mail.ru
Вячеславова О.Ф.
д.т.н., профессор кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vyache-smis@mail.ru

ФОТОДОКУМЕНТИРОВАНИЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ РКТ: ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается внедрение автоматизированной системы фотодокументирования на предприятиях ракетно-космической отрасли как одно из направлений технического перевооружения. Описываются цели и функции цифровой фотофиксации, её отличие от фотодокументирования, а также динамика внедрения. Статья акцентирует внимание на проблемах эксплуатации, связанных с необходимостью разработки и внедрения технологических инструкций, определения и утверждения перечня технологических операций, обучения и аттестации сотрудников, выдачи технических средств, разработки программного обеспечения.

Ключевые слова: фото- и видеофиксация, фото- и видеодокументирование, фотоконтроль, визуальное подтверждение работ, обеспечение контроля за выполнением операций, минимизация рисков.

Frolov A.A.
Head of the Bureau
JSC «Khrunichev State Research and Production Space Center»
Russia, Moscow
eleolah@mail.ru
Vyacheslavova O.F.
Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vyache-smis@mail.ru

PHOTOGRAPHIC DOCUMENTATION OF MANUFACTURING AND CONTROL OF ROCKET AND SPACECRAFT PRODUCTS: IMPLEMENTATION PROBLEMS AND SOLUTIONS

Abstract. The article considers the introduction of an automated photo documentation system at enterprises of the rocket and space industry as one of the technical re-equipping areas. The objectives and functions of digital photofixation, its difference from photo documentation, as well as the dynamics of implementation are described. The article focuses on the issues of operation concerned with the necessity to develop and implement technological instructions, identify and approve a list of technological operations, train and certify employees, issue technical equipment, and develop software.

Keywords: photo and video fixation, photo and video documentation, photo control, visual confirmation of work, control over operations, risk minimization.

Техническое перевооружение предприятий ракетно-космической отрасли (РКО) представляет собой стратегически значимую государственную задачу, требующую реализации комплекса взаимосвязанных мероприятий. Эти мероприятия направлены не только на оснащение современным оборудованием, но и на модернизацию производственных процессов. Особое внимание уделяется созданию эффективной системы подготовки производства и внедрению современных методов управления качеством продукции РКО. Целью является достижение запланированных показателей качества и повышение конкурентоспособности отрасли.

Одним из современных направлений такой модернизации является процедура фотодокументирования. Внедрение фотодокументирования на предприятии стало ответом на полученный результат комплексного анализа, проведенного межведомственной комиссией, и выявленные в ходе него недостатки в системе управления качеством, а также необходимость повышения прозрачности и контроля процессов. Комиссия отметила важность визуального подтверждения выполнения работ на соответствие конструкторской документации, что особенно актуально для обеспечения качества и безаварийности.

Так же в современных научных работах НПО Техномаш отмечается, что одним из ключевых направлений обеспечения контроля качества продукции является цифровизация производственных процессов в ракетно-космической отрасли (РКО), включающая внедрение систем фото- и видеофиксации технологических операций.

Фото- и видеофиксация являются ключевыми инструментами для оптимизации и мониторинга производственных процессов. Они выполняют ряд важных функций, включая мотивацию исполнителей к качественному выполнению задач и обеспечение контроля за выполнением операций.

Одной из основных функций фото- и видеофиксации является обеспечение прозрачности и подотчетности. Визуальные данные позволяют точно фиксировать выполнение операций и проверять их соответствие установленным стандартам и нормативам. Это способствует снижению вероятности ошибок и отклонений, а также повышению общей эффективности производства.

Кроме того, фото- и видеофиксация играют важную роль в расследовании инцидентов и аварийных ситуаций. Они предоставляют объективные доказательства, которые могут быть использованы для анализа причин возникновения проблем и разработки мер по их предотвращению. Это особенно важно в условиях, когда необходимо быстро и точно установить виновных и принять соответствующие меры.

Таким образом, фото- и видеофиксация являются неотъемлемыми элементами системы управления качества, обеспечивая высокий уровень контроля, прозрачности и безаварийности.

Применение в будущем автоматизированных систем визуального контроля, оснащенных функциями анализа видеоизображений, обеспечит оперативное решение задач по обеспечению качества продукции. Эти системы позволят осуществить мониторинг и контроль выполнения технологических операций, таких как комплектация изделий, сборка, а также точность и правильность проведения измерений. Внедрение таких систем способствует минимизации рисков, связанных с поставками бракованной продукции, и повышению эффективности производственных процессов.

Цифровая фотофиксация

В настоящее время в технологических инструкциях предприятия реализованы два процесса, основанных на использовании аппаратных средств фиксации информации: фотодокументирование и фотофиксация.

Цель цифровой фотофиксации – создание электронной базы данных и обеспечение возможности анализа выполнения работ. Ключевое отличие фотофиксации от фотодокументирования заключается в оценке соответствия информации, зафиксированной на фотографиях, полученных с помощью фотоаппарата, утвержденным эталонам.

Цифровое фотографирование технологических операций изготовления и испытаний изделий проводится с целью:

- получения справочного материала и создания базы данных результатов выполнения технологических операций с использованием компьютерной техники;
- получения наглядной информации в части конструкции и компоновки отдельных узлов и агрегатов;
- дополнительного контроля выполнения технологических операций, в том числе особо важных (ответственных) технологических операций.

На представленном графике (рис. 1) отражена динамика внедрения на предприятии технологий фотоконтроля, а именно: фотодокументирования с использованием фотоаппарата и фотофиксации посредством планшетного компьютера (рис. 2).

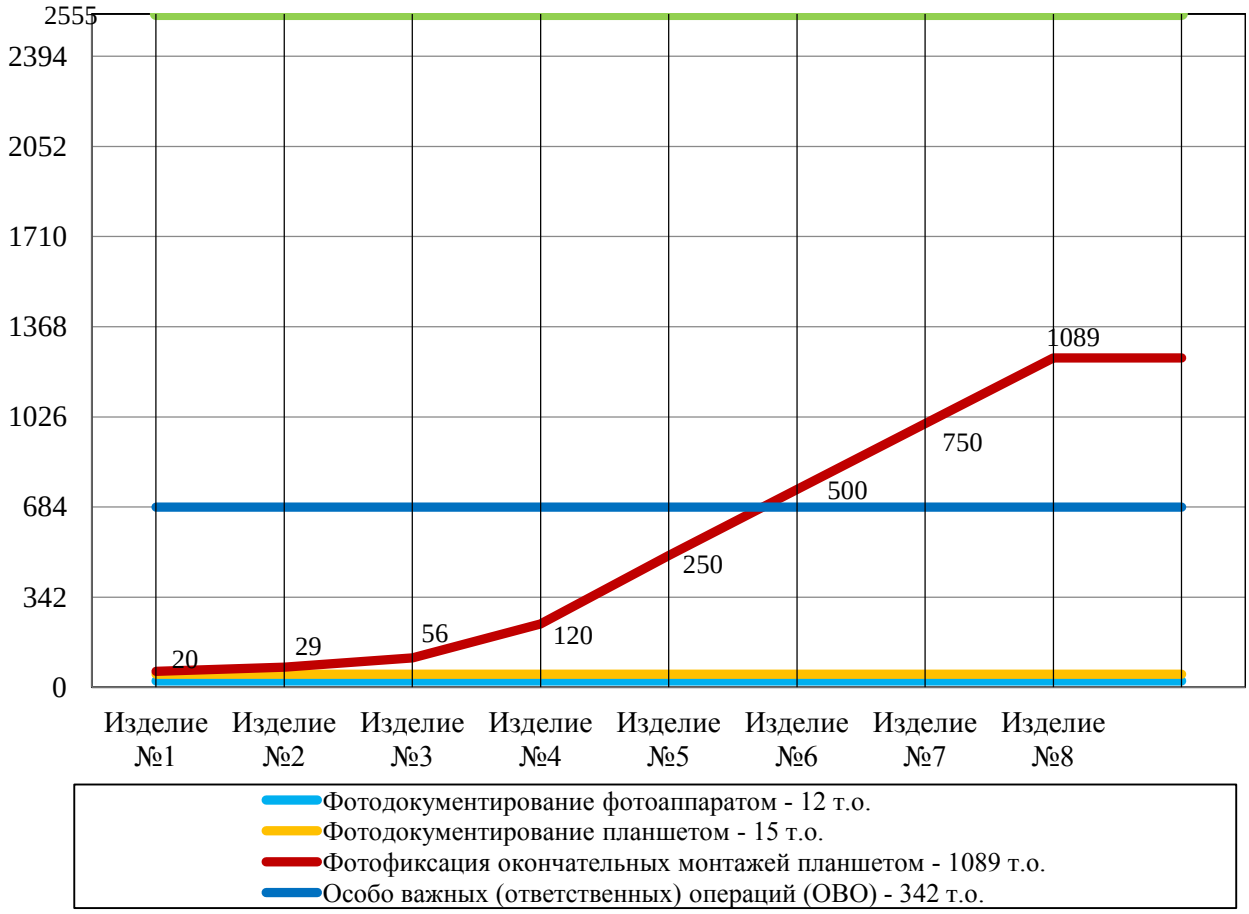


Рис. 1. Темп внедрения цифрового фотографирования



Рис. 2. Планшетный компьютер для фотофиксации

Для внедрения процесса фотодокументирования и фотофиксации на предприятии выполнены следующие мероприятия:

1. Разработаны и внедрены технологические инструкции по проведению несекретной цифровой фотосъемки изготовления и испытаний изделий, а также по цифровой фотофиксации производственных процессов.

2. Определен и утвержден перечень технологических операций, подлежащих фотодокументированию в производственных цехах, а также создан альбом эталонных фотографий для стандартизации процесса.

3. Проведены обучение и аттестация сотрудников, ответственных за выполнение фотодокументирования, что позволило повысить уровень квалификации персонала и обеспечить соответствие требованиям к качеству и точности фотодокументов.

4. Выданы необходимые технические средства для проведения фотодокументирования в производственные цеха, включая специализированное оборудование и программное обеспечение.

5. Разработано и внедрено программное обеспечение автоматизированной системы фотодокументирования (АСФД), что позволило автоматизировать процесс создания и хранения фотодокументов, а также обеспечить оперативный доступ к ним.

6. Уточнена и обновлена технологическая документация с учетом требований к фотодокументированию, что повысило ее соответствие современным стандартам и практикам.

В дальнейшем в рамках научно-исследовательской деятельности ФГУП «НПО «Техномаш» разработана методология фото- и видеодокументирования производственных процессов в ракетно-космической отрасли. Эта методология адаптирована к специфике отечественной космической промышленности и подлежит внедрению на предприятии.

В результате создан стандарт Госкорпорации «Роскосмос» под номером СТО ГК «Роскосмос» 1001–2019. Данный стандарт регламентирует порядок и требования к фото- и видеодокументированию процессов изготовления и эксплуатации ракетно-космической техники.

Проблемы реализации аппаратных средств фотофиксации

При длительной эксплуатация системы АСФД (автоматизированная система фотодокументирования) в цехе окончательной сборки изделий РКТ при 100% объеме фотографируемых операций выявились проблемы в работе, связанные с применением аппаратных средств фотофиксации. Система зарекомендовала себя с положительной стороны в части подтверждения качества выполненных работ. Тем не менее, потенциал системы не раскрыт в связи с низкой надежностью оборудования.

В результате проведенных исследований выявлены существенные недостатки планшетов, влияющие на их функциональность и надежность, к которым относятся износ переходников «Micro USB-OTG», низкая надежность планшетов, ограниченные возможности съемки, не оптимизированное для эффективного использования ресурсов устройства программное обеспечение.

Таким образом, планшеты продемонстрировали низкую надежность и ограниченные функциональные возможности, что снижает их эффективность в реальных условиях эксплуатации.

Одновременно с проблемами эксплуатации оборудования возникла проблема, связанная с необходимостью (целесообразностью) и возможностью фото- и видеодокументирования (ФВД) всех этапов выполняемых работ. Анализ целесообразности применения ФВД на различных этапах работ показал следующее:

1. Этап проведения пневмогидроиспытаний на прочность и герметичность; заправка, вакуумирование и контроль давления, механические испытания на статические и динамические нагрузки, климатические испытания, контроль функционирования.

– Операции проводятся на аттестованных стендах, контроль параметров фиксируется в паспортах.

– Качество работ контролируется через средства измерений и приборы регистрации, а результаты фиксируются в технологическом паспорте.

ФВД не дает объективной информации о давлении и правильности сборки схемы испытаний.

2. Этап внешнего осмотра (контроль визуальный, контрольный осмотр):

– Контроль проводится визуально, и фототехника не может объективно отразить состояние объекта.

Результаты фиксируются в технологическом паспорте.

3. Этап выставления плоскостей, контроль и обеспечение линейно-угловых параметров:

– Контроль выполняется по показаниям средств измерений, и факт выполнения операции фиксируется в паспортах.

Фототехника не дает объективной оценки параметров.

4. Этап затяжки, подтяжки резьбовых соединений, демонтажа блоков, отсеков, сварка, пайка, агрегатов, приборов и средств технологического оснащения (кроме системы управления):

– Изделие и оснастка осматриваются на отсутствие повреждений и комплектность, результаты фиксируются.

– Качество шва подтверждается рентгеном и другими методами, а снимки хранятся в архиве.

– Контроль проводится тактильно или с инструментом, результаты фиксируются.

ФВД нецелесообразно.

Внедрение процессов фотодокументирования и фотофиксации несомненно позволило повысить уровень контроля за выполнением технологических операций, создать справочные материалы и базу данных результатов выполнения операций, а также обеспечить дополнительный контроль за выполнением особо важных операций.

Однако, несмотря на положительные результаты внедрения фотодокументирования и фотофиксации, на предприятии всё ещё остаются проблемы, требующие решения. К ним относятся:

1. Необходимость дальнейшего совершенствования системы фотодокументирования и фотофиксации. Несмотря на то что система фотодокументирования и фотофиксации уже внедрена на предприятии, она всё ещё требует дальнейшего совершенствования. Это может включать в себя разработку новых технологий и методов фотодокументирования, а также улучшение программного обеспечения автоматизированной системы фотодокументирования.

2. Необходимость обучения и повышения квалификации персонала. Для обеспечения эффективного функционирования системы фотодокументирования и фотофиксации необходимо, чтобы персонал, ответственный за выполнение этих задач, обладал необходимыми знаниями и навыками. Поэтому важно продолжать обучение и повышение квалификации сотрудников.

3. Необходимость обеспечения предприятия требуемыми техническими средствами. Для успешного функционирования системы фотодокументирования и фотофиксации необходимо обеспечить предприятие требуемыми техническими средствами, включая специализированное оборудование и программное обеспечение.

Решение этих проблем позволит повысить эффективность системы фотодокументирования и фотофиксации, а также обеспечить более высокий уровень контроля за выполнением технологических операций на предприятии ракетно-космической отрасли.

Список литературы

1. ГОСТ 34.201-2020 Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем – М.: Стандартинформ. 2021 – год. – 12 с.

2. ГОСТ Р 7.0.8-2013 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения. – М.: Стандартинформ. 2019 – год. – 16 с.

3. СТО ГК «Роскосмос» 1001 – 2019. Система стандартизации Госкорпорации «Роскосмос». Фото- и видеодокументирование процессов при изготовлении и эксплуатации изделий ракетно-космической техники. Основные требования. – МО: Королев, АО «ЦНИИмаш». – 2020. – 36 с.

4. Круглов И.А. Элементы цифровизации производства для обеспечения контроля качества с применением фото- и видеофиксации / Круглов И.А., Рябчиков П.В. // Вестник «НПО «Техномаш». №3 – М.: 2021. – С. 45–47.

Галумян В.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vigengalumian@yandex.ru
Вячеславова О.Ф.
д.т.н., профессор кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vyache-smis@mail.ru

МЕТОДИКИ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

Аннотация. Современные методики измерения плотности асфальтобетонного покрытия в контексте Индустрии 4.0 претерпели значительную трансформацию, интегрировав передовые цифровые технологии и методы анализа данных. Внедрение средств цифрового мониторинга и 3D-моделирования в производство асфальтобетонных смесей формирует новую парадигму управления качеством, основанную на принципах предиктивной аналитики и точного контроля технологических параметров.

Ключевые слова: мониторинг, управление качеством, анализ данных, 3D моделирование, асфальтобетонное производство.

Galumian V.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vigengalumian@yandex.ru
Vyacheslavova O.F.
Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Standardization,
Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vyache-smis@mail.ru

METHODS FOR MONITORING THE QUALITY OF ASPHALT CONCRETE PAVEMENT

Abstact. Modern methods for measuring asphalt pavement density in the context of Industry 4.0 have undergone a significant transformation by integrating advanced digital technologies and data analysis methods. The introduction of digital monitoring and 3D modeling tools into the production of asphalt mixtures forms a new quality management paradigm based on the principles of predictive analytics and precise control of technological parameters.

Keywords: monitoring, quality management, data analysis, 3D modeling, asphalt concrete production.

Современные методики измерения плотности асфальтобетонного покрытия в контексте Индустрии 4.0 претерпели значительную трансформацию, интегрировав передовые цифровые технологии и методы анализа данных.

Плотность асфальтобетонного покрытия является основополагающим показателем качества в производстве асфальтобетонных смесей, определяющим долговечность и эксплуатационные характеристики дорожного полотна. Этот параметр, регламентируемый ГОСТ 9128-2013 и международными стандартами EN 12697-6 и ASTM D2726, представляет собой отношение массы материала к его объему в уплотненном состоянии и служит ключевым индикатором структурной целостности покрытия. Оптимальные значения плотности (95-98% от теоретической максимальной плотности по методу Райе-Райса) обеспечивают комплекс преимуществ, включая повышенную водостойкость, сопротивление колееобразованию, трещиностойкость и износостойкость, что подтверждено многочисленными исследованиями в области дорожного материаловедения [1].

Научные исследования демонстрируют [2], что достижение оптимальной плотности создает герметичную структуру, эффективно препятствующую проникновению воды и окислителей, что существенно снижает риск разрушения покрытия в результате циклов замораживания-оттаивания и старения битумного вяжущего. Плотная упаковка минеральных частиц обеспечивает высокую механическую стабильность покрытия, что подтверждается установленной корреляцией между показателями плотности и модулем упругости. Кроме того, надлежащая плотность способствует улучшению адгезионных свойств битума к минеральному заполнителю, тогда как недостаточное уплотнение приводит к образованию избыточной пористости, ухудшающей качество сцепления компонентов смеси [4].

Отсутствие системного контроля плотности влечет за собой серьезные негативные последствия для качества дорожного покрытия. Повышенная пористость (превышающая 7%, что соответствует плотности менее 93%) создает условия для проникновения воды в структуру покрытия, вызывая отслоение битумной пленки и образование выбоин под воздействием гидродинамического давления от транспортных средств. Статистические данные программы долговременного мониторинга дорожных покрытий (LTPP) свидетельствуют, что снижение плотности всего на 1% приводит к сокращению срока службы покрытия на 10-15%. Экономические последствия недостаточного контроля плотности проявляются в виде увеличения затрат на содержание дорожной сети, необходимости преждевременного ремонта и перекладки покрытия, что может повышать стоимость жизненного цикла объекта на 30-50%.

Современные системы управления качеством на асфальтобетонных заводах, включая CRM-системы, обеспечивают комплексный мониторинг плотности путем интеграции данных лабораторных испытаний (метод парафинирования по ГОСТ 12801-98) с показателями инструментального контроля (ядерные плотномеры, лазерные сканеры). Такой подход позволяет устанавливать корреляционные зависимости между технологическими параметрами уплотнения (температурный режим, количество проходов укатывающего оборудования) и конечными характеристиками покрытия. В условиях цифровой трансформации промышленности контроль плотности приобретает особое значение как ключевой элемент предиктивных систем управления качеством в концепции Индустрии 4.0, обеспечивающий не только технико-экономическую эффективность дорожного строительства, но и безопасность транспортной инфраструктуры.

С позиции технологического контроля данный показатель служит интегральным индикатором, отражающим степень совершенства всего производственного цикла – от дозирова-

ния компонентов смеси до процессов уплотнения. Научные исследования [3] убедительно демонстрируют, что достижение оптимальных значений плотности (95-98% от теоретической максимальной плотности по методу Райе-Райса) обеспечивает формирование гомогенной микроструктуры материала, характеризующейся минимальной остаточной пористостью (2-5%) и равномерным распределением битумного вяжущего в минеральном каркасе.

С точки зрения системы менеджмента качества, контроль плотности позволяет реализовать превентивный подход к обеспечению долговечности покрытия. Экспериментально установлено [5], что отклонение плотности от нормативных значений всего на 1% приводит к нелинейному ухудшению эксплуатационных характеристик: снижению сопротивления усталостному разрушению на 12-15%, увеличению скорости колееобразования на 18-20% и сокращению межремонтного ресурса на 25-30%. Особое значение приобретает корреляция между плотностью и водостойкостью покрытия – при пористости свыше 7% происходит каталитическое ускорение процессов влагонакопления и последующего отслоения битумной пленки, что подтверждено исследованиями с применением компьютерной томографии и цифровой обработки изображений [6].

В контексте современных систем управления качеством (TQM, Six Sigma) мониторинг плотности трансформировался из рутинной контрольной процедуры в стратегически важный элемент предиктивной аналитики. Интеграция данных ядерной плотнометрии, лазерного сканирования и лабораторных испытаний в CRM-системы позволяет выявлять скрытые зависимости между технологическими параметрами (температура смеси, интенсивность уплотнения, гранулометрический состав) и конечными характеристиками покрытия. Особого внимания заслуживает разработанная в рамках программы NCHRP (2023) методика многофакторного анализа, связывающая колебания плотности с динамикой изменения таких критически важных показателей как модуль упругости (E*), коэффициент пустотности (Va) и адгезионная прочность (ASTM D3625).

Экономический аспект управления качеством через призму контроля плотности проявляется в возможности минимизации жизненного цикла дорожного покрытия (LCC). Статистика FHWA (2022) свидетельствует, что систематическое поддержание плотности в оптимальном диапазоне позволяет сократить эксплуатационные расходы на 35-40% за счет уменьшения частоты ремонтных мероприятий и увеличения межремонтных сроков. При этом современные подходы к управлению качеством, основанные на принципах Industry 4.0, предусматривают использование цифровых двойников технологических процессов для прогнозирования плотности на этапе проектирования смесей с точностью до 0,3-0,5% [5].

С позиции экологического менеджмента качества (ISO 14001) контроль плотности приобретает дополнительное значение как инструмент снижения углеродного следа дорожного строительства. Исследования [6] демонстрируют, что покрытия с оптимальной плотностью требуют на 15-20% меньше битумного вяжущего при равных эксплуатационных характеристиках, что существенно уменьшает выбросы летучих органических соединений в процессе производства и укладки смеси. Таким образом, управление качеством через параметр плотности представляет собой сложную многоуровневую систему, объединяющую технологический контроль, экономическую эффективность и экологическую безопасность в единый производственный цикл.

Традиционные подходы, основанные на выборочном лабораторном тестировании кернов (метод парафинирования по ГОСТ 12801-98), дополняются инновационными неразрушающими методами с применением интеллектуальных сенсорных систем. Наиболее перспективным направлением является использование мобильных ядерных плотномеров с IoT-интеграцией, оснащенных гамма-излучателями и детекторами обратного рассеяния, которые обеспечивают непрерывный мониторинг плотности с пространственным разрешением до 5 мм и погрешностью не более 0,5% [6]. Эти устройства, подключенные к облачным платформам через протоколы MQTT, передают данные в реальном времени в системы предиктивной аналитики, где алгоритмы машинного обучения (XGBoost, Random Forest) выявляют скрытые зависимости между параметрами уплотнения и структурными характеристиками покрытия.

Развитие технологий дистанционного зондирования привело к внедрению лазерных лидаров с технологией time-of-flight (ToF), позволяющих строить трехмерные карты плотности (рисунок) с точностью 97-99% по сравнению с референсными методами [6].

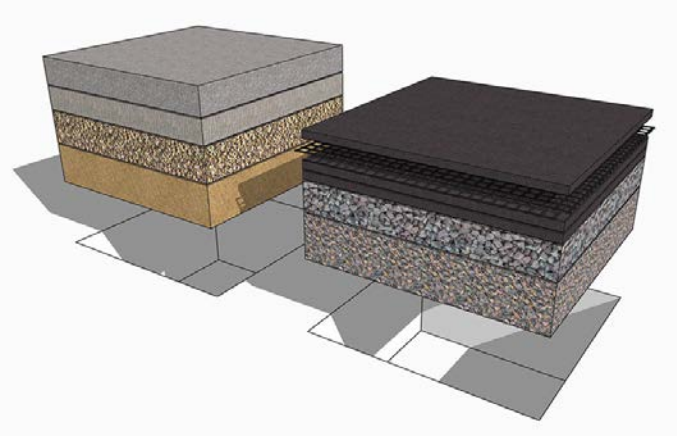


Рис. Послойное 3D-моделирование плотности асфальтового покрытия

Особое значение приобретают гибридные системы, сочетающие инфракрасную термографию (для оценки температурного градиента при уплотнении) и электромагнитную томографию (определение диэлектрической проницаемости как прокси-показателя плотности). Такие комплексы, встроенные в укладочную технику, формируют цифровых двойников технологического процесса, где параметры плотности коррелируют с виброакустическими характеристиками катков (частота колебаний, амплитуда) через нейросетевые модели [7].

Перспективным направлением является применение квантовых сенсоров на основе NV-центров в алмазах [7], обеспечивающих беспрецедентную точность измерения плотности (погрешность <0,1%) за счет регистрации изменений магнитного резонанса в зависимости от плотности упаковки материала. Эти технологии, сочетаемые с блокчейн-платформами для верификации данных, формируют новый стандарт управления качеством, где каждый участок покрытия имеет цифровой паспорт с историей изменений его физико-механических характеристик.

Внедрение средств цифрового мониторинга и 3D-моделирования в производство асфальтобетонных смесей формирует новую парадигму управления качеством, основанную на принципах предиктивной аналитики и точного контроля технологических параметров. Внедрение этих решений трансформирует традиционное производство в интеллектуальную систему, соответствующую требованиям Индустрии 4.0, где каждый технологический параметр коррелирует с конечными эксплуатационными характеристиками покрытия.

Список литературы

1. Zhang, H., Wang, L., & Li, X. (2023). *Machine learning-based prediction of asphalt pavement density using IoT and 3D imaging technologies*. Construction and Building Materials, 342, 128742. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.128742

2. Al-Qadi, I.L., Ozer, H., & Leng, Z. (2022). Advanced characterization of asphalt mixtures for sustainable pavement systems. Journal of Materials in Civil Engineering, 34(5), 04022045. https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0004201

3. Willis, J.R., Rodezno, C., & Vargas-Nordcbeck, A. (2023). Impact of compaction temperature on density and durability of asphalt pavements. Transportation Research Record, 036119812311543. https://doi.org/10.1177/03611981231154321

4. Kim, Y., Lee, S., & Park, H. (2021). Evaluation of pore structure and moisture damage resistance in asphalt mixtures using X-ray computed tomography. Materials, 14(12), 3289. https://doi.org/10.3390/ma14123289

5. Roberts, F.L., Kandhal, P.S., & Brown, E.R. (2020). Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction (4th ed.). NAPA Research & Education Foundation.

6. El-Basyouny, M., Jeong, M.G., & Wu, Z. (2022). Long-term performance prediction of asphalt pavements using LTPP data and machine learning. International Journal of Pavement Engineering, 23(8), 2678-2692. https://doi.org/10.1080/10298436.2021.1905809

7. Federal Highway Administration (FHWA). (2023). Life-Cycle Cost Analysis for Sustainable Pavement Materials. Report No. FHWA-HRT-23-045.

Алексашкин А.С.
ведущий специалист Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга»,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
Aleksashkin_as@spbstu.ru

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ЕГО КАЧЕСТВО

Аннотация. Качество программного обеспечения инженерного анализа зависит как от функциональных возможностей и уровня технической поддержки, так и от системы лицензирования программного продукта. Предлагается подход для оценки качества системы лицензирования программного обеспечения. Выделяются группы единичных показателей качества системы лицензирования, предлагается ввести весовые коэффициенты для каждой группы. Обосновывается применение интегрального метода оценки качества системы лицензирования программного обеспечения инженерного анализа, включающий расчетный и экспертный подходы.

Ключевые слова: качество, единичный показатель, весовой коэффициент, программное обеспечение, система лицензирования.

Aleksashkin A.S.
Leading Specialist of the Engineering Center «Computer Engineering,Center»
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
Aleksashkin_as@spbstu.ru

COMPUTER-AIDED ENGINNERING SOFTWARE LICENSING INFLUENCE ON SOFTWARE'S QUALITY

Abstact. Computer-aided engineering software quality depends not only on functions, capabilities and technical support level, but also on software licensing. An approach to software licensing quality assessment is developed. Software licensing' unique quality metrics groups are specified; weight ratio is implemented for each group. Integral method of software licensing quality assessment, which includes calculation and expert approaches, is explained.

Keywords: quality, unique quality metrics, weight ratio, software, licensing.

С каждым годом требования к качеству продукции со стороны потребителей возрастают. Согласно [1], «…компания, стремящаяся укрепить свои позиции на конкурентном рынке, должна постоянно инвестировать в качество…». При этом под продукцией можно понимать не только материальные объекты, но и результаты интеллектуальной деятельности, и в том числе, программное обеспечение (далее – «ПО»).

Если рассматривать понятие качества применительно к узкому классу ПО, а именно, к ПО для инженерного анализа (иначе говоря, CAE-системам), то, согласно [2] и [3], на качество, а также конкурентоспособность ПО значительно влияют как минимум несколько факторов: функциональные возможности, стоимость использования ПО и уровень технической

поддержки программного продукта. Применяя экспертный метод исследования качества ПО, можно определить интегральные показатели качества и разработать подход к оценке качества ПО, а также сравнения качество и конкурентоспособность исследуемого (или разрабатываемого) ПО по отношению к выбранному эталону.

Не менее значимым фактором, влияющим на качество инженерного ПО, может являться система лицензирования программного продукта.

Как указано в [4], «ПО защищено от несанкционированного копирования законами об авторских правах <...> Приобретение программного продукта – это приобретение лицензии (права) на его использование. Для каждой используемой программы необходима лицензия.» Как правило, используемые промышленными предприятиями, конструкторскими бюро и вузами CAE-системы являются коммерческими продуктами, а значит, подвергаются обязательной системе коммерческого лицензирования. При этом технически существуют различные типы лицензий (систем лицензирования) ПО инженерного анализа, и чем большую вариативность предлагает вендор, тем более конкурентоспособным является программный продукт с точки зрения пользователя.

Целью настоящей работы является выработка подхода к оценке влияния системы коммерческого лицензирования на качество CAE-системы.

Согласно [4], «…каждый правообладатель может выработать свои собственные условия предоставления прав на ПО.» При этом общее количество систем лицензирования, встречающееся на рынке CAE-систем, всё же ограничено. Стоит отметить, что в отличии от оценки качества ПО с точки зрения его функциональных возможностей [2] или технической поддержки пользователей, экспертный метод предлагается не использовать: для каждого ПО могут быть задекларированы сотни функциональных возможностей для решения разного класса физико-механических задач, и только некоторые из них требуются инженерам тех или иных предприятий в зависимости от специфики организаций, в силу чего при оценке качества того или иного ПО важно экспертное мнение специалистов соответствующего профиля. При этом системы лицензирования не обладают таким разнообразием и вариативностью, однако наличие большей вариативности всегда сказывается положительно на качестве и конкурентоспособности ПО, т.к. предоставляет больший выбор заказчику.

В связи с этим рекомендуется использовать расчетный метод оценки влияния системы лицензирования ПО на его качество, либо интегральный метод, сочетающий в себе расчетный метод и экспертный подход, позволяющий в некоторых случаях ввести весовые коэффициенты (значимости) для тех или иных опций системы лицензирования.

Чтобы выявить самые основные системы лицензирования и выделить их базовые принципы, необходимо обратиться к рабочей документации ведущих российских и западных вендоров ПО инженерного анализа. Были проанализированы системы лицензирования таких российских продуктов, как APM WinMachine [5], CAE Fidesys [6], FlowVision [7], ЛОГОС [8], Универсальный механизм [9], а также зарубежного ПО, такого как ANSYS (США) [10], Altair HyperWorks (США) [11], Moldex3D (Тайвань) [12], KISSsoft/KISSsys (Швейцария) [13].

Анализ систем лицензирования указанного ПО показывает, что вендоры используют различные подходы к разработке лицензирования ПО, однако можно выделить следующие общие черты:

- Лицензии делятся на так называемые локальные, сетевые и облачные. Локальная лицензия закрепляется за одним конкретным рабочим местом, в то время как сетевая лицензия предназначена для работы на сервере предприятия и доступна инженерам на их рабочих местах внутри локальной сети. Облачная лицензия – подвид сетевой лицензии, однако лицензионный файл находится не на сервере заказчика, а на сервере разработчика соответствующего ПО.

- Лицензии различаются по сроку действия. Как правило, вендоры дают возможность приобрести бессрочные лицензии, либо лицензии сроком действия один год (годовые). Некоторые разработчики дополнительно предоставляют краткосрочные лицензии, чей период действия составляет менее года (обычно 3-6 месяцев).

- Лицензии могут делиться на коммерческие и академические. Первые представляют собой лицензии, которыми могут пользоваться все без исключения организации для извлечения коммерческой выгоды, в то время как академические лицензии предназначены строго для вузов и только для осуществления обучения студентов. Как правило, академические лицензии на порядок и более дешевле соответствующих коммерческих.

Следует отметить, что наличие программы по предоставлению полнофункциональных академических лицензий вузам выгодно отличает таких вендоров. «...участвуя в этой программе, вуз даёт своим студентам и преподавателям возможность также получать полный перечень программного обеспечения. Главное требование (вендора) – использование этих программных средств исключительно в образовательных целях.» [14]

Для предприятий, которые планируют включить оценку системы лицензирования ПО в интегральную оценку его качества, можно посоветовать следующий упрощенный подход: эталонное ПО должно иметь в наличие максимальное количество опций в системе лицензирования, каждая из которых является единичным показателем качества; за наличие каждой опции начисляется 1 балл, за отсутствие – 0 баллов. Расчет максимально возможного количества баллов представлен в Таблице.

Таблица

Расчет максимально возможного количества баллов

	Тип лицензии			**Срок действия**			**Назначение**		**Итого**
Ед. показатель качва	Локальные	Сетевые	Облачные	Краткосрочная	Годовая	Бессрочная	Академическая	Коммерческая	X
Макс. балл	1	1	1	1	1	1	1	1	**8**

Соответственно, простейший подход к оценке системы лицензирования как комплексного показателя качества ПО заключается в суммировании баллов по единичным показателям и определении отношения искомой суммы к эталонной. Однако данный упрошенный подход может не подойти ряду предприятий, для которых одна из групп единичных показателей качества – «тип лицензии», «срок действия» или «назначение» – имеет превалирующее значение. Например, для промышленных предприятий не имеет значения наличие у вендора академической лицензии для вузов, а предприятия с закрытым контуром в любом случае не могут воспользоваться опцией приобретения облачных лицензий. В таких случаях для оценки системы лицензирования как показателя качества рекомендуется использовать расчетно-экспертный метод, когда группа экспертов конкретного предприятия, исходя из особенностей своей организации, назначает соответствующие весовые коэффициенты каждой группе единичных показателей качества системы лицензирования из Таблицы 1, тогда показатель качества PL_i системы лицензирования i-го ПО рассчитывается как (1):

$$PL_i = \alpha_i \cdot A + \beta_i \cdot B + \gamma_i \cdot C \quad (1)$$

где α, β, γ – соответственно весовые коэффициенты групп единичных показателей: A – «тип лицензии», B – «срок действия» и C – «назначение», при этом A, B и C являются натуральными числами и, согласно Таблице 1, значения A и B лежат в диапазоне от 0 до 3, а значение C – от 0 до 2, значения α, β, γ лежат в диапазоне [0;1] включительно, а также справедливо равенство (2):

$$\alpha_i + \beta_i + \gamma_i = 1. \quad (2)$$

Поскольку для эталонного ПО, согласно Таблице 1, значения A = 3, B = 3, C = 2, то для оценки качества системы лицензирования конкретного ПО по отношению к эталонному ПО справедливо отношение (3):

$$Q_i = \frac{\alpha_i \cdot A + \beta_i \cdot B + \gamma_i \cdot C}{3 \cdot \alpha_i + 3 \cdot \beta_i + 2 \cdot \gamma_i} \quad (3)$$

Значение Q_i лежит в диапазоне [0;1], и чем ближе к 1, тем ближе качество системы лицензирования искомого ПО к эталонному значению.

Обосновано влияние системы лицензирования ПО на качество ПО инженерного анализа. Обоснованы подходы к оценке качества системы лицензирования ПО. Выделены группы

показателей качества системы лицензирования и предложена оценочная формула расчета качества системы лицензирования ПО инженерного анализа.

Список литературы

1. Антипов Д.В., Губанова О.Г. Процессный подход в определении модели учета и анализа затрат на качество // Вестник ИЖГТУ имени М.Т. Калашникова, 2023, том 26, номер 3, с. 41-52.
2. Алексашкин А.С. Метод оценки качества и конкурентоспособности российского программного обеспечений для моделирования литья пластмасс // Управление качеством продукции на основе передовых производственных технологий: Сборник тезисов докладов VI Международного форума, Санкт-Петербург, 15–16 октября 2024 года / Под редакцией Ю.Я. Болдырева – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2024. – с. 3-13.
3. Ефимов В.В. Средства и методы управления качеством. // Москва, КНОРУС, 224 с., 2016.
4. Васильева С.Н. Лицензирование программного обеспечения. // Актуальные проблемы информатизации науки и производства. Материалы XIII Международной научно-практической конференции: в 5 томах. Том 1. Отв. редактор Федосеева О.Ю. 2016, Изд.: Волжский университет имени В.Н. Татищева (институт) (Тольятти).
5. Веб-сайт ООО «НТЦ «АПМ». Текст: электронный // URL: https://apm.ru/download
6. Веб-сайт ООО «Фидесис». Текст: электронный // URL:
7. https://cae-fidesys.com/license
8. Веб-сайт ООО «ТЕСИС». Текст: электронный // URL: https://flowvision.ru/webhelp/
9. Веб-сайт пакета программ ЛОГОС. Текст: электронный // URL: https://digitalrosatom.ru/marketplace/logos
10. Веб-сайт ООО «Вычислительная механика». Текст: электронный // URL:
11. https://umlab.ru/pages/index.php?id=11
12. Веб-сайт компании ANSYS, Inc. Текст: электронный // URL: https://innovationspace.ansys.com/customer-center/
13. Веб-сайт компании Altair Engineering, Inc. Текст: электронный // URL: https:// altair.com/resourcelibrary
14. Веб-сайт компании CoreTech System Co. Ltd. Текст: электронный // URL: https:// www.moldex3d.com/products/product-documentation/
15. Веб-сайт компании KISSsoft AG. Текст: электронный // URL: https:// www.kisssoft.com/ru
16. Кремнева М.С., Останин В.В. Лицензирование программного обеспечения вузов как средство повышения качества образования. // Перспективное развитие науки, техники и технологий. Материалы 3-й Международной научно-практической конференции в 3-х томах. Том 2. Ответственный редактор Горохов А.А. 2013, с. 175-179.

Панов А.Н.
к.т.н., главный эксперт,
ЮРС-РУСЬ,
Россия, Санкт-Петербург
a.panov@tut.by
Ерофеев М.Н.
д.т.н., профессор, заместитель директора по научной работе,
ИМАШ РАН,
Россия, Москва
erofeeff2007@yandex.ru
Ромашова Е.Ю.
младший научный сотрудник,
ИМАШ РАН,
Россия, Москва
romashova@imash.ru

НЕ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ. СРЕДСТВА ПОДДЕРЖКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ДОСТИЖЕНИЕ ПРИЕМЛЕМЫХ РИСКОВ КАЧЕСТВА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ И МАШИНОВЕДЕНИИ

Аннотация. Для повышения производительности интеллектуального труда при создании и применении техники и технологий с встроенным программным обеспечением необходимо системное методологическое решение – применение средств поддержки интеллектуальной деятельности (СПИД). В связи с указанным в технике и технологии возникают новые виды рисков, достижение приемлемости которых еще в настоящее время в недостаточной мере поддержано теоретическими моделями и практикой. В статье представлены результаты анализа и синтеза теоретических решений и практического внедрения достижения приемлемых рисков в жизненном цикле создания и применения техники и технологий с встроенными системами СПИД.

Ключевые слова: качество, средство поддержки интеллектуальной деятельности, машиностроение, машиноведение.

Panov A.N.
Candidate of Technical Sciences, Chief Expert
URS-RUSS
Russia, Saint Petersburg
a.panov@tut.by
Erofeev M.N.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director for research
IMASH RAS
Russia, Moscow
erofeeff2007@yandex.ru
Romashova E.Yu.
Junior Researcher
IMASH RAS
Russia, Moscow
romashova@imash.ru

NON-ARTIFICIAL INTELLIGENCE. MEANS OF SUPPORTING INTELLECTUAL ACTIVITIES AND ACHIEVING ACCEPTABLE RISKS OF QUALITY OF EQUIPMENT AND TECHNOLOGIES IN MECHANICAL ENGINEERING AND MECHANICAL SCIENCE

Abstract. To increase the productivity of intellectual work in the creation and application of equipment and technologies with embedded software, a systemic methodological solution is needed – the use of intellectual activity support tools (IAS). In connection with the above, new types of risks arise in equipment and technology, the achievement of acceptability of which is still insufficiently supported by theoretical models and practice. The article presents the results of the analysis and synthesis of theoretical solutions and practical implementation of the achievement of acceptable risks in the life cycle of the creation and application of equipment and technologies with embedded IAS systems.

Keywords: quality, intellectual activity support tool, mechanical engineering, mechanical engineering.

Проведенный комплексный анализ теории и практики [1-10] использования рискориентированного подхода в машиностроении и машиноведении позволил идентифицировать следующее:

- интенсивный рост объемов информации и одновременный нехватка интеллектуальных ресурсов персонала для ее обработки и применения, а также новый период в развитии человечества, как аналог роста объемов физического труда и появления механизации, автоматизации повторяющихся операций;

- традиционные методы применения вычислительной техники не позволяют обеспечить требуемую конкурентоспособную скорость синтеза, поскольку стало необходимым не просто выдать информационные массивы связанных данных, но и на основе знания причинно-следственных связей в науке и технике по созданному алгоритму синтезировать логичные выводы, а также на основе сравнения расчетных и фактических данных вводить соответствующие уточнения путем учета новых данных в причинно-следственные связях;

- по аналогии со средствами поддержки человеческой деятельности – механизации и автоматизации вещественного, физического производства, позволяющего на порядки повысить производительность труда, необходимо создание средств поддержки интеллектуальной деятельности (СПИД) для повышения производительности обработки интеллектуальной информации;

- в связи с прогрессом человеческого мышления (предшествующие этапы – детерминированное, допусковое, статистическое, вероятностное) – переходом в рискориентированное, необходимо оценить, управлять и при этом достигать приемлемости рисков, возникающих при использовании СПИД.

Несоответствующая информация, как проектная, так и используемая в деятельности человеческой деятельности (см. рис. 1) является источником техногенных, природных и социальных рисков.

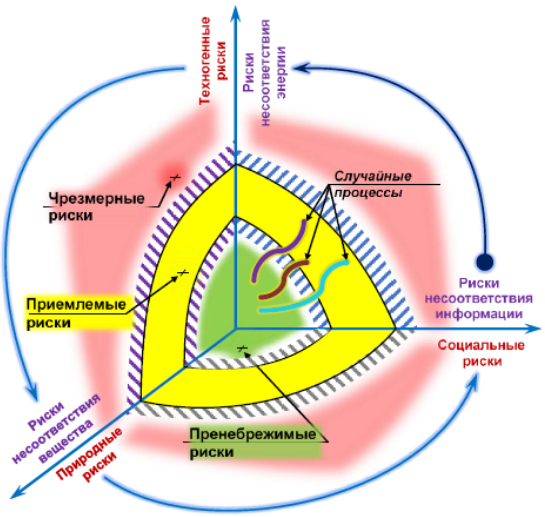


Рис. 1. Случайные процессы человеческой деятельности в области пренебрежимых, приемлемых и чрезмерных рисков несоответствия (вещество, энергия, информация) и уязвимостей (природная, техногенная и социальная среды)

Теоретические модели и практические решения управления рисками для техники и технологий, используемых СПИД рассмотрены в работах [1-10]. В жизненном цикле создания техники, технологий с системами СПИД предложено рассматривать следующие этапы управления рисками:

- не достоверность используемого знания (приобретенного, созданного либо устаревшего) (см. рис. 2).

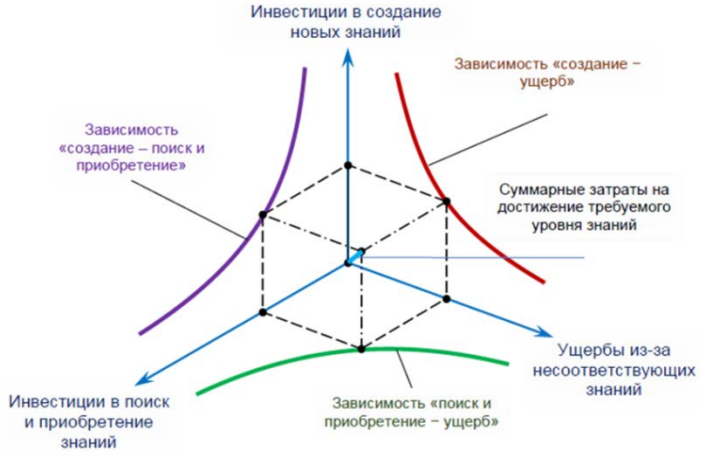


Рис. 2. Модель оптимизации затрат на достижение требуемых знаний

- ошибки и недостаточная адекватность созданных вычислительных/электронных, так называемых виртуальных/цифровых моделей при имитации реальных (физических и т.д.). Например, оценка напряженно-деформированного состояния конструкции с использованием метода конечных элементов (МКЭ), их не достаточная имитация в зонах контакта сопряженных элементов конструкции и соответствующие попытки достичь приемлемости рисков (см. график качественной зависимости адекватности цифровых моделей изделия от различных факторов ГОСТ Р 57700.37).

- анализ рисков создания программного обеспечения путем проверки адекватности алгоритмов на основе рассмотрения разработанных возможных сценариев, например, с использованием метода FMEA.

- анализ рисков встроенного программного обеспечения в техническую или технологическую системы – гибридную (вещественную и информационную) систему. В таких системах возникают совместные вероятности, когда угрозы в информационных системах могут синтезировать отказы в вещественных и наоборот. В таких случаях необходимо анализировать вызовы, угрозы, уязвимости и ущербы.

В заключении следует отметить следующее:

1. Причиной техногенных, природных и социальных рисков является несоответствующая информация как проектная (конструкторско-технологическая и т.п.), так и используемая в практической деятельности (в процессе движения техники – оценка расстояния до препятствия и т.п.).

2. Массовое использование неадекватного перевода словосочетания на английском языке – artificial Intelligence – не просто ошибка перевода, а введение в заблуждение. Адекватный перевод, передающий сущность – «*Средство поддержки интеллектуальной деятельности*». Интеллект может быть только у человека. В тоже время в связи с практически неограниченным ростом причинно-следственной информации и соответственно, недостаточной производительностью переработки информации появилось системное решение. Это не традиционное прогнозирование и расчет, а синтез информации для принятия персоналом управленческих решений на основе использования знаний специалистов, алгоритмов с возможностью оперативного введения уточнений и создания соответствующего программного обеспечения, встроенного в техническую/технологическую систему.

3. Рискориентированный подход все больше используется для достижения целей сложных социотехнических систем, в первую очередь, в машиностроении и его научном обеспе-

чении – машиноведении. Соответственно при реализации процессов средств поддержки интеллектуальной деятельности возникают специфические риски.

4. Для достижения приемлемых рисков при применении средств поддержки интеллектуальной деятельности необходимо на каждом этапе создания техники и технологий с встроенным СПИД, начиная от анализа и управления рисками достоверности используемых знаний до гибридных (вещественную и информационную) систем анализировать риски и синтезировать адекватные проектные решения.

5. Результаты работы использованы при разработке стандартов для системы менеджмента качества, менеджмента рисков при создании автотракторостроения, сельскохозяйственного, погрузочно-транспортного, карьерного, электротранспортного и специального машиностроения. Стандарты применяются в цепи поставок машиностроительных заводов [9, 10].

Список литературы

1. Махутов Н.А. и др. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Научные основы техногенной безопасности/ Под общ. ред. Махутова Н.А.- М.: МГФО «Знание», 2015, – 936 с., ил.

2. Махутов Н.А. и др. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Безопасность сложных человеко-машинных систем. Под общ. редакцией В.А. Боришпольца. Научный рук. издания чл. корр. РАН Н.А. Махутов, – М.: МГОФ «Знание», 2021. – 432 с.

3. Махутов Н.А. и др. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Тематический блок «Безопасность железнодорожного транспорта». Техногенная безопасность подвижного состава железнодорожного транспорта. Раздел II Научный рук. издания чл. корр. РАН Н.А. Махутов, – М.: МГОФ «Знание», 2020. – 488 с.

4. Махутов, Н.А. Совершенствование научной базы и нормативного обоснования безопасности колесных мобильных машин/Н.А. Махутов, А.Н. Панов О.Н. //Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2021, №1. С. 34-43.

5. Лепихин А.М., Морозов Е.М., Махутов Н.А., Лещенко В.В. Возможности оценки вероятностей разрушения и допустимых размеров дефектов элементов конструкций по критериям механики разрушения. Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2022;88(3): С. 41-50.

6. Ерпалов А.В., Хорошевский К.А., Румянцева Е.А., Гадолина И.В. Метод оценки долговечности конструкций при стационарном и нестационарном случайных нагружениях с применением вариационной модовой декомпозиции. Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2024;90(9): С. 63-74

7. Горбацевич М.И. Проектирование транспортных средств: нагруженность, повреждение, ресурс: Монография/М.И. Горбацевич, А.Н. Панов, С.М. Минюкович; Под общей ред. А.Н. Панова. – Мн.: «Технопринт», 2005г.-264 с.:ил.

8. Панов А.Н. Научно-методические основы проектирования: системное обеспечение приемлемых рисков в автотракторосельхозмашиностроении: монография/А.Н. Панов, И.И. Осмола, И.В. Шкадрецов, В.Б. Ловкис, Л.А. Маринич; под общей ред. А.Н. Панова. – Минск: БГАТУ, 2009. – 486 с.: ил.

9. Панов А.Н., Ромашова Е.Ю., Складнова М.С. К вопросу о рисках применения цифровых моделей в машиноведении. В сборнике: Фундаментальные исследования и инновационные технологии в машиностроении. Научные труды VIII Международной научной конференции. Москва, 2024. С. 172-173.

10. Панов А.Н., Ерофеев М.Н., Ромашова Е.Ю. Рискориентированный проектно-процессный подход – системная основа конкурентоспособности машиностроения. В сборнике: Человеческий капитал в новой реальности. материалы пленарной международной научно-практической конференции в рамках VI международного Московского академического экономического форума «Российская экономика 2024+: новые решения в новой реальности». Москва, 2024. С. 89-97.

Прыткова Е.А.
старший преподаватель Высшей школы промышленной инженерии,
Тихоокеанский государственный университет,
Россия, Хабаровск
evgeniafru@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕИНЖИНИРИНГА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. В статье рассматриваются особенности проведения реинжиниринга промышленных предприятий в условиях цифровой трансформации. Основное внимание уделяется анализу применения цифровых технологий и искусственного интеллекта в управлении качеством и оптимизации производственных процессов. Исследуется потенциал цифровых технологий в автоматизации производственных процессов, контроле бизнес-процессов, сборе и анализе данных в режиме реального времени. Особое внимание уделяется возможностям прогнозирования и предсказания проблем на ранних стадиях производства с помощью алгоритмов машинного обучения. Выявлены основные ограничения в использовании цифровых технологий на современных промышленных предприятиях: сужение зоны автоматизации, отсутствие полноценной интеграции в общее управление, недостаточное использование возможностей искусственного интеллекта в управлении изменениями и реинжиниринге. В статье также рассматриваются упущенные экономические возможности из-за неполного использования цифрового потенциала, включая потери времени на интеграцию данных, неэффективную организацию бизнес-процессов и недостаточное управление их элементами.

Ключевые слова: управление качеством; реинжиниринг бизнес-процессов; контроль; мониторинг; искусственный интеллект, цифровые технологии.

Prytkova E.A.
Senior Lecturer at the Higher School of Industrial Engineering
Pacific State University
Russia, Khabarovsk
evgeniafru@yandex.ru

FEATURES OF TECHNOLOGICAL REENGINEERING IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION OF INDUSTRY

Abstact. The article discusses the specifics of industrial reengineering in the context of digital transformation. The main focus is on analyzing the use of digital technologies and artificial intelligence in quality management and optimization of production processes. The potential of digital technologies in automation of production processes, control of business processes, collection and analysis of data in real time is investigated. Special attention is paid to the possibilities of forecasting and predicting problems in the early stages of production using machine learning algorithms. The main limitations in the use of digital technologies in modern industrial enterprises have been identified: the narrowing of the automation zone, the lack of full integration into the overall management, and the insufficient use of artificial intelligence capabilities in change management and reengineering. The article also examines missed economic opportunities due to incomplete use of digital potential, including loss of time for data integration, inefficient organization of business processes and insufficient management of their elements.

Keywords: quality management; business process reengineering; control; monitoring; artificial intelligence, digital technologies.

В условиях активного технологического развития и цифровой трансформации управление качеством и процесс реинжиниринга должны основываться на использовании цифровых механизмов и искусственного интеллекта. Данные технологии все более активно применяются на современных производственных предприятиях.

Цель данной статьи – исследовать особенности проведения реинжиниринга промышленных предприятий в условиях цифровой трансформации.

На сегодняшний день данные функции цифровых технологий в системе управления бизнес-процессами в условиях промышленного производства играют ключевую роль в оптимизации и повышении эффективности производственных процессов. Они обеспечивают автоматизацию и цифровизацию различных этапов производства от сбора и анализа данных до принятия управленческих решений [1].

Интеграция цифровых технологий в управленческие процессы помогает предприятиям быть конкурентоспособными, адаптироваться к изменяющимся условиям рынка и добиваться успеха в условиях быстро меняющейся промышленной среды. При этом также следует отметить, что цифровой функционал применяется на современных промышленных предприятиях ограниченно и не в полном объеме, а именно:

– сужена зона применения автоматизации и управления бизнес-процессами: технологии применяются преимущественно в производственных системах, интеграция в рамках общего управления промышленными предприятия, как правило, не осуществляется;

– технологии применяются для автоматизации текущих бизнес-процессов, при этом машины, как правило, не участвуют в управлении изменениями;

– управление качеством на промышленных предприятиях, как правило, ограничивается оценкой и анализом результатов бизнес-процессов, но не поиском корневых причин;

– машины не участвуют в моделировании бизнес-процессов, их улучшении, в проведении реинжиниринга, что говорит о недостаточном использовании возможностей искусственного интеллекта.

Следовательно, искусственный интеллект активно применяется на промышленных предприятиях для оптимизации бизнес-процессов, включающих автоматизацию мониторинга состояния оборудования, прогнозирование сроков службы запасных частей, оптимизацию производственных циклов и многое другое. Это сокращает время выполнения задач и повышает качество производства [2]. При этом недостаточно полное использование всего потенциального спектра функционала следует определить как упущенные возможности получения экономического результата от полноценной цифровой трансформации управляющих бизнес-процессами хозяйствующего субъекта. Упущенные выгоды образуются следующим образом:

– затраты времени и ресурсов на интеграцию данных между управляемыми системами, включающими управление производством, управление изменениями, управление предприятием. На уровне данных систем и между ними также недостаточно интегрированы бизнес-процессы;

– потери, связанные с недостаточно эффективной организацией бизнес-процессов, нерациональным построением цепочки бизнес-процессов;

– потери, связанные с недостаточно эффективным управлением элементами бизнес-процессов: ресурсами, технологиями, управлением, исполнением, результатами;

– потери от несвоевременного обновления и совершенствования элементов бизнес-процессов.

На сегодняшний день предприятиями используется не весь спектр возможностей цифровых технологий и искусственного интеллекта. Так, не настроен и не используется следующий функционал:

– контроль и управление качеством бизнес-процессов;

– управление тактическими корректировками бизнес-процессов;

– моделирование системы;

– формирование рекомендаций по совершенствованию бизнес-процессов;

– подготовка и реинжиниринг бизнес-процессов (например, через цифрового двойника) (табл.).

Таблица

Перспективные направления использования цифровых технологий и искусственного интеллекта в вопросах управления качеством и реинжиниринга бизнес-процессов промышленных предприятий

Функциональные направления	Уровень использования (освоения) функции	Потенциальные возможности цифровых систем промышленных предприятий в сфере управления качеством и реинжиниринга бизнес-процессов
1	2	3
1. Контроль и управление качеством бизнес-процессов	Данный функционал частично применяется на промышленных предприятиях, но лишь в формате контроля соблюдения стандартов, технологии бизнес-процессов, мониторинг достигнутых результатов	Не реализован функционал совершенствования бизнес-процессов, анализ вариаций улучшения производственных и непроизводственных процессов. Требуется разработка и внедрение технологий, которые смогут анализировать текущую производительность системы и разрабатывать варианты улучшения бизнес-процессов и их интеграции
2. Управление тактическими корректировками бизнес-процессов	В оцифрованных производственных системах с искусственным интеллектом применяется машинное обучение. Оно представляет собой «метод обучения компьютерных систем, основанный на статистических моделях и логических операциях» [106]. Компьютерная система не разрабатывает своих алгоритмов, а решает задачу – выполнить по аналогии	Уровень развития искусственного интеллекта позволяет не только выполнять аспекты машинного обучения в применяемом формате, но и также осуществлять тактические корректировки бизнес-процессов, а именно: выявлять проблемы, разрабатывать алгоритмы их решения и улучшать текущие бизнес-процессы. На сегодняшний день такой функционал цифровых систем на предприятиях практически не применяется
3. Моделирование системы	Данный функционал на сегодняшний день недостаточно развит и не применяется на промышленных предприятиях России	Разработка алгоритмов совершенствования бизнес-процессов должна осуществляться не только на тактическом уровне, но и на уровне интегрированных систем и процессов, а также общей стратегии развития предприятия. Для этого требуется внедрение новых функций в рамках цифровых систем, в раках которых будет
4. Функциональные направления	Уровень использования (освоения) функции	Потенциальные возможности цифровых систем промышленных предприятий в сфере управления качеством и реинжиниринга бизнес-процессов осуществляться анализ эффективности деятельности предприятия в целом, а также осуществляться моделирование ситуаций внедрения инноваций и различных технических решений с последующим прогнозированием ключевых показателей эффективности бизнес-процессов, систем и предприятия в целом.

Окончание таблицы

1	2	3
		На сегодняшний день такие функции не применяются, при этом внедряемые на предприятиях цифровые двойники возможно усовершенствовать посредством добавления данного функционала на основе элементов искусственного интеллекта
5. Формирование рекомендаций по совершенствованию бизнес-процессов	Данный функционал на сегодняшний день недостаточно развит и не применяется на промышленных предприятиях России	Цифровая система с искусственным интеллектом может формировать рекомендации по совершенствованию бизнес-процессов и их интеграции через анализ индикаторов внутренней и внешней среды предприятия на основе элементов искусственного интеллекта. При этом на практике действующих предприятий на сегодняшний день такой функционал не реализован
6. Подготовка и реинжиниринг бизнес-процессов	Данный функционал на сегодняшний день недостаточно развит и не применяется на промышленных предприятиях России	Для того, чтобы цифровая система осуществляла самостоятельную подготовку и реинжиниринг бизнес-процессов, требуется формирование алгоритмов реагирования на изменения показателей, отражающих влияние внутренней и внешней среды предприятия на бизнес-процессы. Для этого механизмы стратегического управления также должны быть автоматизированы. На сегодняшний день такие технологии не внедрены в производственные системы. Стратегический функционал относится к сфере полного человеческого участия, при этом использование цифровых технологий должно заключаться в том, чтобы осуществлять информационную подготовку для проведения существенных трансформаций производственных систем, а также автоматизировать рутинные процессы, которые могут быть выполнены без участия человека

Согласно таблице, на сегодняшний день используется не весь спектр возможностей цифровых технологий и искусственного интеллекта в вопросах управления качеством и реинжиниринга бизнес-процессов промышленных предприятий. В современном промышленном производстве цифровые технологии играют ключевую роль в оптимизации и автоматизации бизнес-процессов. Но многие компании не используют полный потенциал цифровых инструментов и искусственного интеллекта при управлении качеством и проведении реинжиниринга бизнес-процессов.

Таким образом, на сегодняшний день цифровые системы промышленных предприятий не готовы к самостоятельному автоматизированному осуществлению стратегических преобразований в бизнес-процессах. Актуальным решением в данном случае должно стать создание механизма, который будет основан на взаимодействии человека и машины с тенденцией к снижению доли участия человека. Для этого следует определить функциональные зоны машины (искусственного интеллекта) и человека в сфере управления качеством на предприятии и осуществления технологического реинжиниринга.

Список использованной литературы

1. Кольцова, К. С. Всеобщее управление качеством / К. С. Кольцова, С. В. Симонов // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2020. – №7 (49). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vseobschee-upravlenie-kachestvom (дата обращения: 26.04.2025).
2. Мерзляк, А. В. Совершенствование бизнес-процессов инновационных предприятий / А. В. Мерзляк // КЭ. – 2015. – №11. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-biznes-protsessov-innovatsionnyh-predpriyatiy (дата обращения: 26.04.2025).
3. Dihardjo, Djojo Total Quality Management: A Review of Recent Trend / Djojo Dihardjo, Lena Ellitan // 2394-9333. – 2021.
4. Бекетова, О.Н., Арифуллин, М.В., Фролов А.Л. Инновационные технологии управления качеством продукции на предприятиях машиностроения // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2023. – № 4-1. – С. 18-22.
5. Жариков, Р.В. Процессный подход к инновационному обеспечению управления качеством машиностроительной продукции // Организатор производства. – 2019. – С. 59-65.

Чжан Янь
аспирант,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Россия, Москва
ibm6@bmstu.ru

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В МЕХАНИЗМАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ ЕДИНИЦ

Аннотация. В условиях глобального энергоперехода и ужесточения климатического регулирования особую актуальность приобретает разработка систем менеджмента качества для механизмов управления углеродными единицами в трансграничных энергетических проектах [1, 2]. В статье рассматриваются проблемы фрагментарности цифровых решений, несовместимости национальных систем углеродного учета и отсутствия единых стандартов верификации выбросов [3]. Предлагается концепция цифрового углеродного менеджмента, интегрирующая IoT-платформы мониторинга, блокчейн-верификацию, AI-прогнозирование и цифровые двойники объектов [4, 5, 6]. Особое внимание уделяется методологическим аспектам создания межплатформенных интерфейсов, систем кибербезопасности и развития цифровых компетенций [7]. Исследование демонстрирует, что внедрение цифровых экосистем углеродного регулирования позволяет не только снижать экологические риски, но и повышать экономическую эффективность трансграничных проектов [8, 9]. На примере российско-китайского энергетического сотрудничества показаны перспективы гармонизации подходов к учету углеродного следа в условиях цифровой трансформации ТЭК.

Ключевые слова: управление качеством, регулирование углеродных единиц, устойчивое развитие, система менеджмента качества, цифровизация управления качеством.

Zhang Yan
Postgraduate Student
Bauman Moscow State Technical University
Russia, Moscow
ibm6@bmstu.ru

DIGITALIZATION OF QUALITY MANAGEMENT PROCESSES IN CARBON UNIT REGULATION MECHANISMS

Abstact. In the context of the global energy transition and stricter climate regulation, the development of quality management systems for carbon management mechanisms in cross-border energy projects is becoming particularly relevant [1, 2]. The article discusses the problems of fragmented digital solutions, incompatibility of national carbon accounting systems and the lack of uniform standards for verifying emissions [3]. The concept of digital carbon management is proposed, integrating IoT monitoring platforms, blockchain verification, AI forecasting and digital twins of objects [4, 5, 6]. Special attention is paid to the methodological aspects of creating cross-platform interfaces, cybersecurity systems and the development of digital competencies [7]. The study demonstrates that the introduction of digital ecosystems of carbon regulation allows not only to reduce environmental risks, but also to increase the economic efficiency of cross-border projects [8, 9]. Using the example of Russian-Chinese energy cooperation, the prospects for harmonizing approaches to accounting for the carbon footprint in the context of the digital transformation of the fuel and energy sector are shown.

Keywords: quality management, regulation of carbon units, sustainable development, quality management system, digitalization of quality management.

Современные вызовы климатической повестки и цифровой трансформации требуют принципиально новых подходов к управлению углеродным следом в трансграничных энергетических проектах. Согласно данным Международного энергетического агентства (2023), цифровые технологии могут обеспечить до 20% сокращения выбросов CO_2 в энергетическом секторе к 2030 году [1]. Особую актуальность это приобретает в контексте российско-китайского энергетического сотрудничества, где объемы поставок углеводородов измеряются десятками миллиардов кубометров газа и миллионами тонн угля ежегодно [2].

Разработка эффективных механизмов регулирования углеродных единиц в трансграничных энергетических проектах приобретает особую значимость в условиях глобальной климатической повестки. Согласно отчету Международного энергетического агентства (2023), на долю энергетического сектора приходится около 73% глобальных выбросов CO_2, причем значительная часть этих выбросов связана с трансграничными энергопотоками. Ярким примером являются российско-китайские энергетические проекты, где объем поставок природного газа в 2023 году достиг 22 млрд м³, а угля – 67 млн тонн, создавая существенную углеродную нагрузку. Параллельно, как свидетельствует исследование PwC (2022), 78% крупнейших мировых корпораций уже интегрировали принципы устойчивого развития в свои системы менеджмента качества, что актуализирует необходимость разработки новых подходов к учету экологических показателей [3].

Проблемная область регулирования углеродных единиц в трансграничных проектах характеризуется комплексом взаимосвязанных вызовов. Прежде всего, отсутствие унифицированных международных стандартов приводит к значительному разрыву между национальными системами углеродного регулирования. В то время как в ЕС действует жесткая система торговли квотами (EU ETS), охватывающая около 1,8 млрд тонн CO_2-эквивалента в год, в азиатских странах преобладают добровольные схемы регулирования. Особую сложность представляет учет косвенных выбросов (Scope 3) при трансграничных поставках энергоносителей, который по-разному трактуется в национальных законодательствах.

Экономические и регуляторные аспекты проблемы проявляются в нескольких ключевых направлениях. С экономической точки зрения, отсутствие взаимного признания углеродных единиц создает ситуацию двойного налогообложения участников рынка. Характерным примером является экспорт российского СПГ в Китай, который может одновременно подпадать под действие механизма коррекции углеродного следа (CBAM) ЕС и китайской системы ETS. Регуляторные сложности усугубляются несоответствием методик расчета выбросов: если российские компании преимущественно учитывают только прямые выбросы (Scope 1), международные стандарты (ISO 14064) требуют учета полного жизненного цикла продукции [2,4].

Особое внимание заслуживает проблема фрагментарности цифровых решений для управления углеродными единицами. Несмотря на то, что 65% крупнейших энергетических компаний (по данным Deloitte, 2023) внедрили элементы цифрового учета выбросов, лишь

23% располагают комплексными системами, интегрированными с процессами управления качеством. Эта ситуация особенно обострена в трансграничных проектах, где различия национальных стандартов и регуляторных требований создают существенные «цифровые разрывы» в учете углеродного следа. Как показывает анализ McKinsey (2023), несовместимость систем учета приводит к дополнительным затратам в размере 12-15% от стоимости трансграничных проектов. Примечательно, что только 18% компаний энергетического сектора используют блокчейн-решения для верификации углеродных единиц, хотя именно эта технология могла бы обеспечить необходимый уровень прозрачности и доверия в международных расчетах.

Совокупность указанных проблем подчеркивает необходимость разработки комплексного подхода к регулированию углеродных единиц в трансграничных энергетических проектах, который бы учитывал, как экономические и регуляторные аспекты, так и современные возможности цифровизации процессов учета и управления выбросами.

Разрабатываемый механизм должен интегрировать передовые цифровые технологии, формируя комплексную систему управления углеродным следом. Ключевым элементом такой системы становятся цифровые платформы мониторинга выбросов, основанные на IoT-решениях, которые обеспечивают непрерывный сбор данных о параметрах выбросов в режиме реального времени. Параллельно внедряются блокчейн-системы верификации углеродных единиц, создающие неизменяемую и прозрачную систему учета. Для прогнозирования углеродного следа применяются алгоритмы искусственного интеллекта, обладающие способностью анализировать сложные нелинейные зависимости. Дополнительный потенциал раскрывается через создание цифровых двойников энергетических объектов, позволяющих моделировать различные низкоуглеродные сценарии эксплуатации [5].

Концепция «Цифрового углеродного менеджмента» представляет собой методологическую основу предлагаемого подхода. Она обеспечивает сквозную цифровизацию процессов учета, отчетности и верификации (MRV), создавая единое информационное пространство для всех участников проекта. Особое значение имеет интеграция углеродных показателей в систему менеджмента качества через разработку специализированных цифровых KPI, что позволяет учитывать экологические параметры наравне с традиционными показателями эффективности. Автоматизация расчетов достигается за счет использования смарт-контрактов, которые существенно сокращают транзакционные издержки. Применение предиктивной аналитики открывает возможности для оптимизации углеродного следа проектов на этапе их проектирования и эксплуатации [6].

Реализация данного подхода сталкивается с рядом методологических вызовов, требующих комплексного решения. Первостепенной задачей является разработка цифровых стандартов измерения выбросов, обеспечивающих сопоставимость данных между различными юрисдикциями. Не менее важным представляется создание межплатформенных интерфейсов, которые позволят преодолеть существующие технологические барьеры в трансграничном взаимодействии. В условиях роста киберугроз особое внимание должно уделяться внедрению надежных систем защиты углеродных данных. Параллельно необходимо развивать цифровые компетенции персонала, формируя новый тип специалистов, сочетающих знания в области углеродного менеджмента и цифровых технологий [7].

Перспективным направлением развития представляется создание цифровых экосистем углеродного регулирования, объединяющих на единой технологической платформе энергетические компании, регуляторные органы и финансовые институты. Такие экосистемы, построенные на базе распределенных реестров, способны не только повысить эффективность управления качеством в энергетических проектах, но и создать принципиально новые бизнес-модели низкоуглеродного развития. Их внедрение будет способствовать достижению целей устойчивого развития ООН, обеспечивая баланс между экономической эффективностью и экологической ответственностью в условиях глобального энергетического перехода. Особую значимость этот подход приобретает в контексте российско-китайского энергетического сотрудничества, где масштаб проектов требует особо тщательного учета углеродного следа [7,8].

Предполагается разработка комплексного механизма регулирования углеродных единиц в трансграничных энергетических проектах, интегрированного в системы менеджмента

качества компаний и соответствующих принципам устойчивого развития. Такой механизм должен обеспечивать: гармонизацию методик расчета выбросов, создание прозрачной системы верификации углеродных единиц и разработку экономических инструментов стимулирования низкоуглеродных проектов.

Основные положения предлагаемого механизма включают внедрение единых стандартов учета выбросов на основе международных норм ISO 14064 и ISO 9001, что позволит обеспечить сопоставимость данных между различными юрисдикциями. Особое внимание уделяется разработке цифровых платформ для мониторинга и верификации углеродных единиц, использующих технологии распределенных реестров. Важным элементом механизма становится интеграция углеродного учета в системы менеджмента качества компаний через разработку специальных экологических показателей (KPI), связанных с достижением целей устойчивого развития (SDGs).

Представленный механизм регулирования углеродных единиц демонстрирует значительный потенциал в качестве инструмента комплексного управления экологическими рисками трансграничных энергетических проектов. Его внедрение позволяет достичь синергетического эффекта, сочетающего минимизацию углеродного следа с повышением экономической эффективности энергетических операций. Ключевым условием успешной реализации данного подхода выступает формирование устойчивой системы многостороннего взаимодействия между участниками энергетического рынка, регулирующими органами и международными институтами развития [7,9].

Особое значение приобретает необходимость гармонизации нормативно-правовых баз различных юрисдикций, разработки унифицированных методик расчета углеродного следа и создания трансграничных механизмов верификации углеродных единиц. При этом цифровизация процессов углеродного учета открывает новые возможности для повышения прозрачности и эффективности управления выбросами в масштабах международных энергетических цепочек.

Перспективным направлением научных исследований видится углубленное изучение корреляционных зависимостей между параметрами углеродного регулирования и качественными характеристиками энергетической продукции. Разработка соответствующих методик оценки приобретает особую актуальность в условиях глобального энергоперехода, когда экологические параметры становятся неотъемлемой составляющей конкурентных преимуществ энергетических компаний. Дальнейшие исследования могли бы также сосредоточиться на анализе влияния различных схем углеродного регулирования на инновационную активность предприятий топливно-энергетического комплекса.

Важным аспектом будущих разработок должно стать создание адаптивных моделей углеродного менеджмента, способных учитывать специфику различных типов трансграничных энергетических проектов и динамику изменений в международной климатической политике. Особое внимание следует уделить разработке механизмов стимулирования внедрения наилучших доступных технологий и созданию системы многоуровневого мониторинга эффективности углеродного регулирования.

Реализация предложенных подходов будет способствовать формированию сбалансированной системы управления углеродными единицами, которая не только минимизирует экологические риски, но и создает новые драйверы развития для участников международного энергетического сотрудничества. Это особенно актуально для российско-китайских энергетических проектов, где масштабы сотрудничества требуют особо тщательной проработки механизмов углеродного регулирования в условиях цифровой трансформации энергетического сектора.

Список литературы

1. Awasthi A. K. et al. Zero waste approach towards sustainable waste management // Resources, Environment and Sustainability. 2021. Т. 3. С. 100014.

2. Yan Z., Shiboldenkov V. A. Sustainable Development Technologies Research Issue of the Modern Fuel-Energy Industry //2024 6th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE). IEEE, 2024. С. 1-5.

3. Gao Q. et al. Review on zero waste strategy for urban construction and demolition waste: Full component resource utilization approach for sustainable and low-carbon //Construction and Building Materials. 2023. Т. 395. С. 132354.

4. Chursin A. et al. Development of a Mechanism for Assessing Mutual Structural Relations for Import Substitution of High-Tech Transfer in Life Cycle Management of Fundamentally New Products //Sustainability. 2024. Т. 16. №. 5. С. 1912.

5. Марченкова, О. В. Анализ перспективных технологий цифровизации в наукоемком секторе экономики / О. В. Марченкова, В. А. Шиболденков // XLVI Академические чтения по космонавтике: Сборник тезисов, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых – пионеров освоения космического пространства. В 4-х томах, Москва, 25–28 января 2022 года. Том 2. – Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2022. – С. 87-89.

6. Иващенко О.Б., Дроговоз П.А. Механизмы повышения качества технологических процессов по модели производственной системы Росатома // Вопросы инновационной экономики. 2020. Т. 10. № 3. DOI: 10.18334/vinec.10.3.110598. URL: https://1economic.ru/lib/ 110598

7. Шиболденков В.А., Шипкова А.Д. Актуальность устойчивого развития космической деятельности // Социальные аспекты развития и безопасности. 2024. С. 82-92

8. Шкодинский С.В., Продченко И.А. Мобилизационная экономика: её возможности и ограничения в обеспечении устойчивого развития России в условиях санкционных вызовов коллективного Запада // Проблемы рыночной экономики. 2023. № 1. С. 48-67. DOI: https://doi.org/10.33051/2500-2325-2023-1-48-67

9. Горлачева Е. Н., Шиболденков В. А., Герцик Ю. Г. Когнитивная экономика: монография / Горлачева Е. Н., Шиболденков В. А., Герцик Ю. Г. – М.: Первое экономическое издательство, 2024. – 182 с.

Асадулин Е.О.
инженер по качеству,
ГБУЗ «Кузбасский клинический кардиологический диспансер
имени академика Л.С. Барбараша»,
Россия, Кемерово
asadeo@kemcardio.ru
Стрюков Р.А.
начальник отдела качества,
ГБУЗ «Кузбасский клинический кардиологический диспансер
имени академика Л.С. Барбараша»,
Россия, Кемерово
strura@kemcardio.ru
Макаров С.А.
д.м.н., главный врач, заведующий лабораторией моделирования управленческих технологий отдела оптимизации медицинской помощи при сердечно-сосудистых заболеваниях НИИ, КПССЗ,
ГБУЗ «Кузбасский клинический кардиологический диспансер
имени академика Л.С. Барбараша»,
Россия, Кемерово
makarov@kemcardio.ru

ЦИФРОВИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИЙ: КЛЮЧЕВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПРЕДПОСЫЛКИ К АВТОМАТИЗАЦИИ

Аннотация. В статье рассматривается вопрос цифровизации внутренних процессов в организациях, различия между понятиями цифровизации и автоматизации, предложен алго-

ритм выбора нотации моделирования бизнес-процессов в зависимости от достижения целей организации, описан опыт использования нотаций инжиниринга процессов ГБУЗ «ККККД».

Ключевые слова: цифровизация бизнес-процессов, система управления, система менеджмента качества, нотация моделирования бизнес-процессов, автоматизация.

Asadulin E.O.
Quality Engineer
Kuzbass Clinical Cardiology Dispensary named after academician L.S. Barbarash
Russia, Kemerovo
asadeo@kemcardio.ru
Stryukov R.A.
Head of Quality department
Kuzbass Clinical Cardiology Dispensary named after academician L.S. Barbarash
Russia, Kemerovo
strura@kemcardio.ru
Makarov S.A.
Doctor of Medicine, Head physician, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases
Kuzbass Clinical Cardiology Dispensary named after academician L.S. Barbarash
Russia, Kemerovo
makarov@kemcardio.ru

DIGITALIZATION OF MANAGEMENT PROCESSES IN INSTITUTIONS: KEY TRENDS AND PREREQUISITES FOR AUTOMATION

Abstact. The article discusses the issue of digitalization of internal processes in organizations, the differences between the concepts of digitalization and automation, suggests an algorithm for choosing business process modeling notation depending on the achievement of the organization's goals, describes the experience of using process engineering notation SBHI «KCCD».

Keywords: digitalization of business processes, management system, quality management system, business process modeling notation, automation.

Одним из важным аспектом развития любой организации, стремящихся к дальнейшему развитию является применение цифровизации и автоматизации своей деятельности с использованием профессиональных IT-решений, которые направлены на интеграцию внутренних процессов, процедур и функций контроля по KPI учреждения.

В методологической литературе по управлению деятельностью учреждением, теории менеджмента качества применительно к описанию процессов, вопрос о цифровизации описывается не как обязательное требование, а как рекомендация к дальнейшему развитию. Усиление позиции быстроты реакции на изменяющиеся условия в конкурентной среде способствует размышлениям о цифровизации внутренних процессов для понимания текущей ситуации в основной, вспомогательной деятельности, поиск проблем, зон роста в учреждениях, а также снижение времени и затрат на мониторинг показателей результативности процессов.

В данном тезисе представлен опыт цифровизации внутренних процессов в Государственном бюджетном учреждении здравоохранения «Кузбасский клинический кардиологический диспансер имени академика Л.С. Барбараша» (ГБУЗ «ККККД»).

За последние 2 года в стране увеличилась необходимость в использовании автоматизированных отечественных платформ с исходным открытым кодом (Low-code) для погружения в них архитектуру описания внутренних процессов учреждений для своевременной актуализации и контроля за целевыми показателями. Такая необходимость связана с усилением в повседневности технологического роста использования передовых IT-решений и увеличением скорости реагирования на возникающие трудности и проблемы.

Возможности функционирования платформ по цифровизации и автоматизации процессов каждого отечественного программного обеспечения разная: дефференциация по нотации

описания бизнес-процессов, возможности по анализу показателей в формате дашборда, перевод описания процесса из нотации в текстовый регламент процесса, инструкцию для сотрудника и другие моменты.

С позиции высшего руководства учреждений возникает вопрос о выборе комплексного отечественного ПО с возможностью расширения функционала такой платформы с открытым кодом для доработки функций ПО для нужд определенного учреждения.

Также актуальным остается вопрос по развитию корпоративной культуры, организация внутреннего обучения сотрудникам по использованию в своей деятельности инструментов автоматизации внутренних процессов для минимизации времени для принятия управленческих решений.

Задачи данного тезиса:

1. Изучение вызовов и перспектив развития отечественных решений по цифровизации и автоматизации внутренних процессов.

2. Разработка алгоритма по выбору нотации моделирования бизнес-процессов в зависимости от целей учреждений по описанию.

В научной и методической современной литературе по автоматизации бизнес-процессов в учреждениях описывается различия между понятиями цифровизации и автоматизации внутренних процессов: «Цифровизация – это превращение традиционных, аналоговых бизнес-процессов в более эффективные и безопасные, использование программного обеспечения для автоматизации и оптимизации процессов» [1, стр.47]. «Автоматизация – это применение технических и информационных (программных) средств для получения, передачи, хранения, распределения и преобразования информации о состоянии объектов, а также для управления объектами, направленное на достижение заданных целей» [2]. Таким образом следует различать данные понятия, что касается вопроса по переводу рабочих внутренних процессов системы управления, системы менеджмента качества в информационные IT-решения с последующей возможности автоматизации деятельности называется цифровизация бизнес-процессов.

Одним из главных вопросов по цифровизации процессов является выбор оптимальной нотации для моделирования в цифровой среде IT-решения. Необдуманный выбор определенной нотации для определенных нужд учреждения может в дальнейшем привести к возникновению ошибок по автоматизации процессов, мониторинга ключевых показателей процессов и других моментов. Выделяются следующие основные нотации моделирования бизнес-процессов по цифровизации: IDEF0, EPC (Event-Driven Process Chain), BPMN 2.0. [1, стр.33-34]. При обдуманном выборе определенной нотации всеми заинтересованными сторонами в зависимости от преследуемых целей, планов в учреждениях.

В настоящее время, большинство отечественных программных IT-решений применяют в своих продуктах нотацию BPMN 2.0, способную не только описать взаимосвязи между функциями процесса, но и создать площадку для дальнейшей автоматизации процессов.

При изучении литературы была выделена проблема выбора оптимальной нотации для цифровизации бизнес-процессов, в зависимости от целей учреждений. Предлагается алгоритм выбора нотации моделирования бизнес-процессов, представленного на рисунке.

Как видно по предложенному алгоритму рисунка, самой оптимальной нотацией описания внутренних процессов с последующей возможностью автоматизации с использованием отечественных IT-решений является нотация BPMN 2.0.

ГБУЗ «Кузбасский клинический кардиологический диспансер имени академика Л.С. Барбараша» является ярким примером цифровизации бизнес-процессов с использованием системного подхода и интеграцией взаимосвязанных систем управления клиникой: система менеджмента качества, внутренний контроль качества и безопасности медицинской деятельности, стандарта СТИМУЛ (человекоцентричная медицинская организация).

Начиная с 2016 года, учреждение активно использовала нотацию EPC для алгоритмизации внутренних нормативных документов, нотацию IDEF0 для цифровизации бизнес-процессов. С изменением внешних вызовов технологического развития в IT-решениях для дальнейшей автоматизации внутренних процессов в учреждении используется нотация

BPMN 2.0. В таблице представлено количество регламентов процессов в учреждении, в зависимости от использования определенной нотации описания бизнес-процессов.

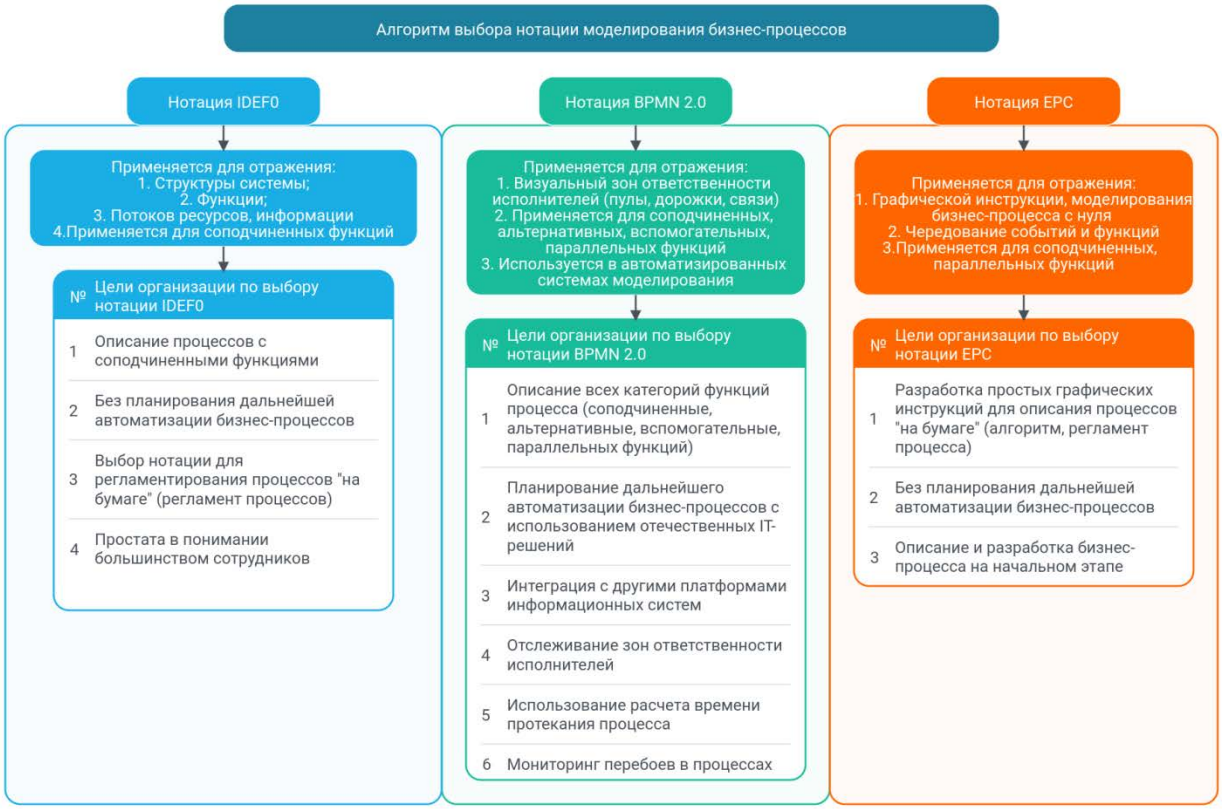


Рис. Алгоритм выбора нотации моделирования бизнес-процессов в зависимости от целей учреждения

Таблица

Количество регламентов процессов в ГБУЗ «КККД»

Период времени	**2016-2018 гг.** Применение EPC	**2018-2022 гг.** Применение IDEF0	**2022-2024 гг.** Применение BPMN 2.0
Количество регламентов процессов в ГБУЗ «КККД»	87	71	42

Как видно из таблицы, использование нотации BPMN 2.0 для цифровизации внутренних процессов позволяет сократить количество формируемых регламентов процессов за счет возможности применения одновременно соподчиненных, параллельных, вспомогательных и альтернативных функций процесса.

Эффективное применение цифровизации бизнес-процессов учреждений невозможно представить без цели выбора определенной нотации для описания внутренних процессов для дальнейшего перехода к автоматизации с использованием передовых отечественных IT-решений.

Список литературы

1. Автоматизация бизнес-систем: BPMS, CRM, ERP: учебное пособие / А. А. Тарасьев, Г. А. Агарков; под общ. ред. В. М. Лаптева; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет. – Екатеринбург, 2024.

2. Гличев А. В. Экономическая эффективность технических систем. М., 1971; Эффективность внедрения ЭВМ на предприятии. М., 1981; Методы анализа и синтеза структур управляющих систем. М., 1988; Теория управления: Терминология. М., 1988.

3. Свод знаний по управлению бизнес-процессами: BPM CBOK 4.0 / Т. Бенедикт, М.Кирхмер, П.Франц; под ред. А.А. Белайчука; Пер. с англ.- М.: Алипина Паблишер, 2022.

4. Стрюков Р.А., Макаров С.А. Внедрение системы менеджмента качества в медицинской организации. Опыт ГБУЗ «Кузбасский клинический кардиологический диспансер имени академика Л.С. Барбараша» / Р. А. Стрюков, С. А. Макаров // Менеджмент качества в медицине. – 2021. – № 4. – С. 58-65. DOI: 10.35400/2658-5898-2021-4-58-65.

Фролов И.М.
студент,
РГАТУ имени П.А. Соловьева,
Россия, Рыбинск
ivanf2001@yandex.ru
Ильина М.Е.
к.т.н., доцент кафедры «Организация производства и управление качеством»,
РГАТУ имени П.А. Соловьева,
Россия, Рыбинск
maria_ilyina@mail.ru

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА УНИВЕРСИТЕТА

Аннотация. В статье рассматривается проблема внедрения цифровых технологий в деятельность высших учебных заведений. Рассматриваются особенности трактовки терминологии, нормативная и законодательная база в области цифровой трансформации. С использованием метода классификации разработаны квалиметрические шкалы для оценки уровня сложности применяемых цифровых технологий, уровня владения ими, уровня доступности цифровых технологий в процессе преподавания дисциплины. Предложена методика квалиметрической оценки уровня использования цифровых технологий в образовательном процессе университета. Методика позволяет оценивать уровень цифровой трансформации преподавания дисциплин, выявлять проблемы в процессе их цифровизации и их причины, отслеживать динамику цифровой трансформации вуза. Методика может быть использована для определения направлений совершенствования процессов системы менеджмента качества университета с применением информационных технологий.

Ключевые слова: цифровая трансформация, методика оценки, система менеджмента качества, университет, образовательный процесс.

Frolov I.M.
Student
RGATU named after P.A. Solovyov
Russia, Rybinsk
ivanf2001@yandex.ru
Ilyina M.E.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production Organization and Quality Management
RGATU named after P.A. Solovyov
Russia, Rybinsk
maria_ilyina@mail.ru

THE ASSESSMENT METHOD OF THE DIGITAL TECHNOLOGIES USE LEVEL IN THE EDUCATIONAL PROCESS IN THE UNIVERSITY QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Abstact. The article considers the problem of introducing digital technologies (DT) into the university. The terminology in the digital transformation field, regulatory and legislative framework are considered. Qualimetric scales have been developed to assess the DT complexity level, the them proficiency level, the DT accessibility level in the teaching process. The DT use level assessment method in the university educational process is proposed. It allows assessing the disciplines teaching digital transformation level, identifying digitalization problems and their causes, monitoring the university digital transformation dynamics. The method can be used to determine improving areas the university's quality management system processes using DT.

Keywords: digital transformation, assessment method, quality management system, university, educational process.

Потребность в проведении цифровой трансформации университета обуславливается стремлением достижения цифровой зрелости в отрасли науки и образования в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» [1].

Термины «цифровая трансформация», «цифровизация» и «цифровая зрелость» трактуются специалистами по-разному. Е. Л. Бубонова при рассмотрении этапов внедрения цифровых технологий выделяет цифровую трансформацию и цифровизацию [2]. В статье Е. В. Бушуевой под цифровизацией подразумевается процесс внедрения новых технологий, возможность использования которых возникла в результате появления персональных компьютеров в организациях [3]. Г. А. Банных и С. Н. Костина акцентируют внимание на том, что понятие цифровой зрелости используется в контексте цифровой трансформации с точки зрения оценочной характеристики организации в отношении уровня цифровизации глобального масштаба [4]. Стратегия цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования использует следующую терминологию: цифровая зрелость – это достижение ключевыми отраслями и уполномоченными органами исполнительной власти целевых показателей, сформулированных в стратегии цифровой трансформации региона; цифровая трансформация – это комплексное преобразование деятельности участников отрасли и органов исполнительной власти, связанное с переходом к новым бизнес-моделям, каналам коммуникаций, а также процессам и культуре, которые базируются на новых подходах к управлению данными с использованием цифровых технологий [5]. Термин «цифровизация» рассматривается как глобальная тенденция по переходу к использованию цифровых сервисов, синоним «цифровой трансформации».

При проведении цифровой трансформации в рамках образовательных учреждений высшего образования, необходимо учитывать рекомендации стандартов в области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в образовании. В частности, стандарт ГОСТ Р 59870-2021 *Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Цифровой университет. Общие положения* унифицирует основные процессы системы менеджмента качества (СМК), направленные на достижение цифровой зрелости вуза.

Для отслеживания темпов и качества цифровой трансформации деятельности университета необходима методика оценки уровня использования цифровых технологий в процессах СМК, прежде всего, образовательного процесса, первичным звеном которого является процесс преподавания дисциплины. IDEF0-модель этого процесса приведена на рисунке.

В процессе преподавания происходит преобразование знаний студентов, что подтверждается документами, содержащими результаты промежуточной аттестации (зачета или экзамена). Процесс осуществляет преподаватель с использованием методического обеспечения в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины (РПУД) и фондом оценочных средств (ФОС) в аудитории или лаборатории, оснащенной оборудованием с программным обеспечением (ПО), по расписанию занятий и экзаменов.

Для каждого элемента процесса преподавания дисциплины (студенты, преподаватель, оборудование и ПО, аудитория и др.) были определены соответствующие процессы СМК, необходимые для предварительной подготовки всех элементов, входящих в этот процесс, и создания благоприятных условий для них в ходе выполнения процесса. Также были определены процессы СМК, сохраняющие качество результатов (выходов) процесса преподавания.



Рис. Модель процесса преподавания дисциплины

В целях разработки методики информационные технологии, применяемые в процессе обучения, были классифицированы по нескольким признакам: по принципу взаимодействия пользователей с системой и между собой, по охвату задач цифровизации, по характеру предоставления пользователям доступа к ним. Также были определены взаимосвязи между этими классификациями. На основе классификаций и выявленных взаимосвязей разработаны шкалы уровня сложности применяемых цифровых технологий, зависящей от архитектурной сложности ПО, уровня владения цифровыми технологиями, уровня доступности цифровых технологий в процессе преподавания.

Шкала уровня сложности применяемых цифровых технологий включает в себя следующие градации: 1 уровень – программа имеет одну основную функцию, направленную на реализацию одной задачи для конкретного пользователя; 2 уровень – программа имеет несколько основных функций, имеет возможность реализовывать передачу информации между несколькими пользователями; 3 уровень – программа имеет большое количество функций, различающихся по области применения, и предусмотрена возможность взаимодействия пользователей между собой; 4 уровень – все вышеперечисленное и наличие возможности взаимодействия пользователей и одновременной работы над общей задачей (работа со структурой больших данных).

Шкала уровня владения цифровыми технологиями имеет следующие градации: 1 уровень – пользуется частично (неполным набором функций) только с консультациями ИТ-специалиста; 2 уровень – пользуется частично (неполным набором функций), но самостоятельно; 3 уровень – пользуется ограниченным набором функций самостоятельно, остальными функциями с консультациями ИТ-специалиста; 4 уровень – пользуется всеми необходимыми ему функциями полностью самостоятельно.

Шкала доступности цифровых технологий в процессе преподавания дисциплины состоит из следующих уровней: 1 уровень – часть ПО и оборудования доступна преподавателю только на части занятий (из тех, на которых это необходимо); 2 уровень – часть ПО и оборудования доступна преподавателю на всех занятиях; 3 уровень – все требуемое ПО и оборудование доступно преподавателю только на части занятий; 4 уровень – все требуемое ПО и оборудование доступно преподавателю на всех занятиях; 5 уровень – все требуемое ПО и оборудование доступно преподавателю вне занятий, предусмотренных по расписанию.

Уровень цифровой трансформации процесса преподавания одной дисциплины можно оценить по следующей формуле

$$L = C \cdot S \cdot A, \quad (1)$$

где C – уровень сложности применяемых цифровых технологий; S – уровень владения цифровыми технологиями; A – доступность цифровых технологий в процессе преподавания.

После расчета уровня цифровой трансформации по каждой дисциплине, можно получить средний уровень по формуле

$$L_{\text{ср}} = (\sum_{i=1}^{n} L_i)/n, \quad (2)$$

где L_i – уровень цифровой трансформации отдельной дисциплины; n – количество преподаваемых дисциплин в университете.

Средний уровень дает обобщенную оценку цифровой трансформации образовательного процесса и не учитывает особенности дисциплин, обусловленные их профильной направленностью (например, цифровизация процесса преподавания гуманитарных наук не требует специализированного ПО). Поэтому следует также анализировать значения *L* по каждой дисциплине.

Предлагаемая методика позволяет оценивать текущий уровень цифровой трансформации преподавания различных дисциплин в рамках образовательного процесса вуза, определять дисциплины, цифровизация которых затруднена, выявлять причины этого и элементы процесса преподавания, требующие улучшения, и отслеживать динамику цифровой трансформации вуза. Методика может помочь определять направления совершенствования процессов СМК университета с применением информационных технологий.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» [Электронный ресурс]: – URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726 (дата обращения: 14.03.2025).

2. Бубнова Е. Л. Соотношение и разграничение понятий «цифровая экономика», «цифровизация», «цифровая трансформация» // Молодой ученый. – 2023. – № 18 (465). – С. 80-82.

3. Бушуева Е. В. Зачем нужна цифровизация образования: понятие и задачи цифровизации // Педагогика, психология, общество: от теории к практике: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Чебоксары, 20 сентября 2022 года / Гл. редактор Ж.В. Мурзина. – Чебоксары: Общество с ограниченной ответственностью «Издательский дом «Среда», 2022. – С. 81-82.

4. Банных Г. А. Концептуализация понятия цифровой зрелости университета в контексте цифровой трансформации высшего образования / Г. А. Банных, С. Н. Костина // Вестник Майкопского государственного технологического университета. – 2022. – Т. 14, № 1. – С. 110-120.

5. Стратегия цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования [Электронный ресурс]: – URL: https://minobrnauki.gov.ru/upload/iblock/e16/dv6edzmr0og5dm57dtm0wyllr6uwtujw.pdf (дата обращения: 14.03.2025).

Метревели И.С.
начальник отдела по связям с общественностью,
ГК «Благо»,
Россия, Санкт-Петербург
metrilya@yandex.ru

МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. Пищевая промышленность сталкивается с растущими требованиями к качеству продукции и высокой конкуренцией, что стимулирует цифровую трансформацию и внедрение «Качества 4.0». Успешный переход к новой модели производства в этих условиях зависит от эффективного управления рисками, связанными с глубокими изменениями в организационной модели производства и значительными инвестициями. В рамках исследования были классифицированы риски, связанные с переходом предприятий к новой модели, в основе которой лежит широкое применение технологий Индустрии 4.0 и концепции «Качество 4.0», выделены 6 категорий рисков. Определены методы выявления и оценки рисков для каждой категории, такие как FMEA, SWOT-анализ, экспертные интервью, пилотные проекты и моделирование. Обоснована необходимость комбинирования методов для комплексного

управления рисками и сведения к минимуму так называемых «слепых зон» в процессе цифровой трансформации с учетом специфики пищевых производств.

Ключевые слова: качество 4.0, индустрия 4.0, пищевая промышленность, риски.

Metreveli I.S.
Head of PR
Blago Group
Russia, Saint Petersburg
metrilya@yandex.ru

RISK MANAGEMENT MECHANISMS FOR DIGITIZING QUALITY CONTROL PROCESSES WITHIN THE FOOD INDUSTRY

Abstact. The food industry is facing increasing products quality demands and growing competition, which is driving digital transformation and the adoption of «Quality 4.0.» A successful transition to this new production model depends on effective risk management, given the profound organizational changes and significant investments required. This research has classified the risks associated with enterprises transitioning to a new organizational model based on the widespread application of Industry 4.0 technologies and the «Quality 4.0» concept, identifying six categories of risks. Methods for identifying and assessing risks for each category have been defined, such as FMEA, SWOT analysis, expert interviews, pilot projects, and modeling. The necessity of combining methods for comprehensive risk management and minimizing so-called «blind spots» in the digital transformation process has been substantiated, thereby increasing its speed and efficiency, taking into account the specific characteristics of food production.

Keywords: Quality 4.0, Industry 4.0, food industry, risks.

Рост требований к качеству продукции с учётом возрастающей конкуренции в пищевой промышленности стимулирует внедрение технологий Индустрии 4.0, автоматизирующих производство и создающих предпосылки для концепции «Качество 4.0». Однако, цифровая трансформация требует глубоких изменений, усилий менеджмента и инвестиций, что сопряжено с рисками. Успех перехода к новой модели, основанной на Индустрии 4.0 и «Качество 4.0», зависит от эффективного управления этими рисками.

Производство продуктов питания является отраслью с высокой степенью стандартизации: национальные и международные регуляторы постоянно совершенствуют и ужесточают нормативы и методы контроля для пищевых продуктов. Ряд исследователей принципы, методологии и международные нормативные рамки [1]. Среди ключевых исследуемых вопросов предметной области: эффекты от внедрения цифровых технологий в управление качеством [2], наиболее эффективные и перспективные решения [3], технологии искусственного интеллекта [4], методологические проблемы проектирования пищевого производства нового типа [5]. Понятие «Качество 4.0» было введено в 2017 году компанией LNS Research. Новые технологии сочетаются с традиционными методами обеспечения качества для выхода показателей производства на принципиально новый уровень [6]. Некоторым исследователями «Качество 4.0» рассматривается как одно из направлений Индустрии 4.0 [7], иные считают, что «Качество 4.0» – это метод организации управления качеством, позволяющий использовать передовые технологии [8,9]. Вместе с тем, анализ источников показал недостаточный уровень изученности механизмов управления рисками при цифровизации процессов управления качеством.

Цель настоящего исследования заключается в развитии механизмов управления рисками при цифровизации процессов управления качеством с учетом концепций Качество 4.0 и технологий Индустрии 4.0. Задачи исследования: 1. Классифицировать риски, связанные с внедрением цифровых инструментов управления качеством на пищевых производствах. 2. Определить методы выявления рисков в соответствие с классификацией.

Методологическая основа включает системный подход, использование логических методов, теоретический анализ научной литературы, анализ отраслевых кейсов, сравнение, табличное отображение информации, группировки и обобщения.

1. Теоретические результаты исследования. На основе существующих классификаций бизнес-рисков сформирована классификация рисков для анализа кейсов такой трансформации. Классификация представлена в Таблице 1.

Таблица 1

Риски при переходе пищевого производства на новую организационную модель, базирующуюся на принципах «Качества 4.0» и технологиях Индустрии 4.0

Категория рисков	Риски
1. Риски внешней среды (экономические, законодательные).	Угрозы, связанные с макроэкономическими, политическими и регуляторными изменениями, которые могут повлиять на стоимость, доступность технологий и соответствие законодательным требованиям.
2. Технические риски (инфраструктурные).	Проблемы, связанные с инфраструктурой, производительностью систем и технической готовностью предприятия к внедрению решений.
3. Организационно-управленческие, проектные и кадровые риски	Угрозы, возникающие из-за недостатков в планировании, управлении проектом (несоблюдение временных и бюджетных ограничений), кадровом обеспечении и принятии решений.
4. Риски, связанные с управлением данными.	Проблемы, связанные с качеством, согласованностью, миграцией и хранением данных (при наличии разных информационных и учётных систем), которые могут привести к ошибкам в аналитике и принятии решений.
5. Риски, связанные с информационной безопасностью.	Уязвимости, связанные с защитой IIoT-устройств, сетей и баз данных, включая кибератаки и человеческий фактор.
6. Прочие риски внедрения новых технологий.	Дополнительные угрозы, возникающие при интеграции новых технологий с существующими процессами и масштабировании решений

*2. Практические результаты исследования***.** Методы выявления рисков, как качественные, так и количественные, для проектов цифровой трансформации проектов, наиболее релевантные для той или иной категории рисков представлены в Таблице 2.

Таблица 2

Методы выявления рисков

Категория риска (Таб.1)	Экспертные интервью	Метод Делфи	Мозговые штурмы	Анализ документов	FMEA	SWOT-анализ	Бенчмаркинг	Моделирование	Пилотные проекты	Анализ данных	Оценка соответствия с тандартам	Чек листы	Анализ графиков	Метод Монте-Карло	Диаграммы влияния
1	+		+			+	+		+		+				+
2	+	+	+		+	+	+	+	+	+		+	+	+	+
3			+	+		+	+		+			+			+
4			+	+	+	+	+	+	+						
5			+		+	+	+	+	+	+	+				
6			+	+	+	+		+	+						+

При этом каждый из существующих методов и подходов обладает ограничениями, оставляет «слепые зоны» и не даёт всей полноты информации о возможных рисках проекта, даже если он, как, например, SWOT-анализ, применим ко всем категориям рисков.

Наилучшим решением для минимизации «слепых зон» в оценки риском при переходе к модели на основе цифровых технологий и концепции «Качество 4.0» является комплексирование методов с учётом специфики конкретного производства. Направления для дальнейших исследований: углубленный анализ отраслевых кейсов, разработка метрик для количественной оценки эффективности мероприятий управления рисками после их комплексной оценки.

Список литературы

1. Kathuria B. Global Perspectives on Food Safety and Quality Control Standards: A Comprehensive Review / B. Kathuria, A. Kumari, S.C. Sindhu // Journal of Advances in Microbiology. Vol. 24, Iss. 12. – С. 217-232.

2. Romanello R., Veglio V. Industry 4.0 in food processing: drivers, challenges and outcomes // British Food Journal. 07. 2022. No. 13. С. 375-390. Doi: 10.1108/BFJ-09-2021-1056.

3. Augusto P.E. Challenges, trends and opportunities in food processing // Current Opinion in Food Science. 2020. Vol. 35. С. 72-78. Doi: 10.1016/j.cofs.2020.03.005.

4. Ben Ayed R., Hanana M. Artificial Intelligence to Improve the Food and Agriculture Sector // Journal of Food Quality. 2021. Vol. 2021. С. 1-7. Doi:10.1155/2021/5584754.

5. Гербер, Ю. Б. Цифровой формат развития пищевой промышленности в современных экономических условиях / Ю. Б. Гербер, С. В. Балко, А. А. Якушев // Экономика, предпринимательство и право. 2022. Т. 12, № 5. С. 1613-1624. – Doi: 10.18334/epp.12.5.114677.

6. What is Quality 4.0? Текст: электронный // lnsresearch.com URL: https://blog.lnsresearch.com/quality40 (дата обращения: 09.04.2025).

7. Rowlands H., Milligan S. Quality-driven Industry 4.0 // Key Challenges and Opportunities for Quality, Sustainability and Innovation in the Fourth Industrial Revolution. 2021. С. 3-30. Doi: 10.1142/9789811230356_0001.

8. Sony M., Antony J., Douglas J.A., McDermott O. Motivations, barriers and readiness factors for Quality 4.0 implementation: an exploratory study // The TQM Journal. 2021. Vol. 33. Motivations, barriers and readiness factors for Quality 4.0 implementation. No. 6. С. 1502-1515. Doi: 10.1108/TQM-11-2020-0272.

9. Carvalho A.V., Enrique D.V., Chouchene A., Charrua-Santos F. Quality 4.0: An Overview // Procedia Computer Science. 2021. Vol. 181. Quality 4.0. С. 341-346. Doi:10.1016/j.procs. 2021.01.176.

Алексеев Е.М.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
egorkalekseev@gmail.com
Губанова Н.В.
к.э.н., профессор кафедры «Экономика и организация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
nadya_gubanova@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ЛОГИСТИКЕ

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы цифровизации процессов управления качеством в транспортно-логистических компаниях, стремящихся к интеграции в международные цепочки поставок. Проанализированы существующие российские и зарубежные

практики внедрения цифровых платформ, включая примеры «Цифрового бензовоза» «Газпромнефть» и проекты во Франции, Австралии и Великобритании. Выявлены ключевые препятствия: разрыв в квалификации персонала, несовершенство нормативной базы и отсутствие единых стандартов обмена данными. Авторами предложены рекомендации по преодолению ограничений через создание национальных стандартов, центров компетенции и льготную финансовую поддержку инноваций. Особое внимание уделено методологии «World Class Manufacturing» и TQM, позволяющим повысить прозрачность, скорость и эффективность логистических цепей. Практическая значимость работы заключается в возможности прямого применения разработанных рекомендаций для повышения конкурентоспособности российских транспортных предприятий на глобальном рынке.

Ключевые слова: цифровизация, управление качеством, логистика, международные цепочки поставок, TQM.

Alekseev E.M.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
egorkalekseev@gmail.com
Gubanova N.V.
Candidate of Economic Sciences, Professor of the Department of Economics and Organization
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
nadya_gubanova@mail.ru

PROSPECTS OF DIGITALIZATION IN QUALITY MANAGEMENT PROCESSES IN LOGISTICS

Abstact. The article explores the prospects for digitalizing quality management processes in transport and logistics companies aiming to enter international supply chains. It reviews both Russian and foreign digitalization practices, including Gazpromneft's «Digital Tanker» platform and initiatives in France, Australia, and the UK. Key barriers are identified: gaps in workforce skills, regulatory shortcomings, and the lack of unified data-exchange standards. The authors recommend overcoming these challenges by establishing national standards, competence centers, and providing financial incentives for innovation. Special emphasis is placed on the World Class Manufacturing (WCM) and Total Quality Management (TQM) methodologies to enhance transparency, speed, and efficiency across logistics operations. The practical significance lies in the direct applicability of these recommendations to boost the global competitiveness of Russian transport companies.

Keywords: digitalization, quality management, logistics, international supply chains, TQM.

Современные условия мировой экономики предъявляют высокие требования к качеству предоставляемых услуг и эффективности процессов управления на предприятиях транспортной отрасли. Особенно остро встаёт необходимость своевременного реагирования на изменения рынков, обеспечение надёжности и скорости доставки грузов, а также соответствия международным стандартам качества. Повышенная конкуренция вынуждает компании искать новые способы повышения производительности и прозрачности логистических цепей.

Цифровизация стала ключевым инструментом [2] в достижении этих целей. Использование инновационных технологий открывает новые горизонты для повышения эффективности грузоперевозок, сокращения временных и финансовых затрат, минимизации рисков и увеличения пропускной способности логистических систем. Тем не менее внедрение цифровых решений сопровождается рядом трудностей и преград, среди которых недостаточная подготовка персонала, технические сложности и несовершенство нормативно-правовой базы.

Цель настоящей статьи – проанализировать современные подходы к управлению качеством и цифровизации транспортных процессов, определить наиболее эффективные инструменты и методы, способные повысить конкурентоспособность российских компаний в усло-

виях международного сотрудничества. Исследование проводится на основе сравнения отечественного и зарубежного опыта, выявления возможных препятствий и предложений путей их преодоления. Важно подчеркнуть практическую значимость результатов исследования, поскольку предлагаемые методики и инструменты могут быть использованы компаниями непосредственно для повышения качества и эффективности логистических процессов.

Исследование проводилось с применением широкого спектра научных методов и аналитических инструментов, позволивших объективно оценить состояние дел в сфере управления качеством и цифровизации транспортных процессов. Среди применяющихся технологий выделяются:

Методы качественной обработки использовались для анализа текущего состояния и выявления закономерностей в развитии транспортных систем и процессов цифровизации. Качественный анализ дал возможность всесторонне рассмотреть такие аспекты, как готовность организаций к изменениям, а также формы и содержание инновационных подходов.

Сравнительно-аналитическая техника применялась для сопоставления отечественного и международного опыта в сфере цифровых технологий и управления качеством. Этот метод помог выявить как различия, так и общие черты, а также выработать рекомендации по применению лучших мировых практик.

Моделирование процессов использовалось для разработки сценариев возможного развития отрасли при различных уровнях цифровизации и изменении требований к качеству услуг. Этот подход позволил наглядно отразить взаимосвязь между элементами системы и оценить последствия управленческих решений.

Эмпирические исследования проводились на основании экспертных мнений представителей крупнейших российских и иностранных транспортных компаний. Были проведены глубинные интервью и анкетирование сотрудников, участвовавших в принятии стратегических решений относительно внедрения цифровых технологий и оптимизации управления качеством.

Кроме того, важным элементом исследования стало изучение научной литературы и публикаций, посвящённых вопросам цифровизации, а также обзор нормативных документов и государственных инициатив, регулирующих сферу транспорта и логистики.

Применение комплексного подхода позволило разработать научно обоснованную концепцию дальнейшего развития транспортной отрасли и сформулировать практические рекомендации для предприятий, желающих выйти на международный уровень и повысить свою конкурентоспособность.

Российская цифровизация и модели управления

Российские логистические компании активно внедряют инновационные технологии для повышения эффективности своей работы. Один из ярких примеров – проект «Цифровой бензовоз» от компании «Газпромнефть» [1]. Он представляет собой цифровую платформу для удалённого мониторинга и управления автопарком. Система отслеживает около двадцати различных параметров, контролирует сохранность груза и предотвращает несанкционированный доступ. Такие решения позволяют значительно снижать издержки и минимизировать потери, обеспечивая высокий уровень безопасности и качества предоставляемых услуг.

Тем не менее, полная цифровизация отрасли сталкивается с серьёзными барьерами. Одной из главных проблем остаётся то, что значительное количество компаний по-прежнему использует устаревшие системы управления, что тормозит внедрение современных технологий. Недостаточное финансирование и нехватка квалифицированного персонала остаются ключевыми проблемами, затрудняя переход на новый качественный уровень ведения бизнеса.

Зарубежные практики цифровизации и управления качеством

Зарубежные транспортные компании находятся на передовой линии инноваций и цифровизации. Рассмотрим некоторые успешные кейсы:

- Франция: Компания DARTESS реализует проекты на основе цифровых технологий и обмена информацией, позволяя оперативно управлять инновационными процессами в логистике. Государственная поддержка также играет важную роль: французская программа «Транспортное средство будущего» поддерживает инвестиции в разработку и внедрение инновационных технологий в автомобилестроении, морских и железнодорожных перевозках [3].

• Австралия: здесь наблюдается значительный прогресс в сокращении негативного воздействия транспортных процессов на экологию. Государство стимулирует совместное участие государственного и частного секторов, предоставляя доступ к крупным объёмам данных, необходимых для эффективного планирования и управления логистическими процессами [4].

• Великобритания: Правительство разработало стратегию, согласно которой покрытие пассажирского транспорта сетью Wi-Fi станет обязательным требованием. Это позволит внедрять умные технологии на автомобильных дорогах и повышать качество сервиса для пассажиров [5].

Тем не менее даже в развитых странах возникают серьёзные препятствия на пути полной цифровизации логистических цепей. Это связано с необходимостью согласовывать интересы множества партнёров, обеспечивать защиту персональных данных и поддерживать высокий уровень кибербезопасности.

Таким образом, несмотря на позитивные сдвиги в российском секторе, отечественным компаниям предстоит преодолеть ряд существенных вызовов, заимствуя лучшие мировые практики и разрабатывая собственные уникальные решения.

Инновационные подходы в управлении качеством

Современный этап развития транспортной отрасли характеризуется активным внедрением инновационных подходов, призванных улучшить качество предоставляемых услуг и повысить производительность процессов. Ключевыми методами управления качеством выступают:

Производственная система мирового класса (WCM) – интегративный подход, основанный на постоянном улучшении процессов и снижении отходов [6]. Эта методика включает в себя широкий спектр инструментов, таких как кайдзен, тотальное управление качеством (TQM), принцип «just-in-time» («точно-в-срок»). Применение данных методов позволяет повысить прозрачность и точность логистических цепей, улучшив их устойчивость и способность реагировать на внешние изменения.

Комплексная система управления качеством (КСУ) – охватывает весь жизненный цикл продукта или услуги, начиная от проектирования и заканчивая послепродажным сопровождением. Данная система основывается на мониторинге и анализе качества на каждом этапе, выявлении эталонов и постоянного совершенствования.

Использование данных подходов даёт возможность российским транспортным компаниям укрепить своё положение на международных рынках, предлагая клиентам высококачественные и надёжные услуги, соответствующие современным мировым стандартам.

Проблемы и перспективы цифровизации международных цепей поставок

Процесс цифровизации международных логистических цепей сталкивается с множеством сложностей и вызовов, однако одновременно открывает большие перспективы для повышения эффективности и прозрачности. Главные проблемы включают:

Различия в правовых нормах и регуляторных режимах, которые создают дополнительные административные барьеры и увеличивают временные затраты на оформление документации.

Недостаточную подготовку специалистов, способных грамотно использовать цифровые платформы и технологии для оптимизации процессов.

Отсутствие единых стандартов и протоколов передачи данных, приводящее к фрагментарности систем и снижению общей эффективности логистических процессов.

Вместе с тем, перспективы цифровизации весьма широки:

Оптимизация маршрутов и уменьшение логистических издержек. Автоматизация процессов позволяет сократить количество ошибок и быстрее реагировать на изменение обстоятельств.

Повышение прозрачности и точности контроля за движением грузов, что снижает вероятность хищений и нарушений правил хранения и транспортировки.

Интеграция блокчейна и IoT-технологий, создающая защищённые каналы передачи данных и упрощающая контроль над всеми участниками логистической цепи [7].

Несмотря на сложности, очевидно, что дальнейшее развитие цифровых технологий и их активное внедрение в практику международных грузоперевозок приведёт к существенному росту эффективности и усилению конкурентных позиций российских компаний на мировом рынке.

Проведённое исследование показало, что российский транспортный сектор находится на начальном этапе внедрения инновационных подходов и цифровизации процессов управления качеством. Несмотря на отдельные успехи крупных игроков, большинство компаний сталкиваются с трудностями в освоении современных технологий и методик управления качеством.

Основными выводами исследования стали:

Необходимость активно перенимать лучшие мировые практики цифровизации и управления качеством, таких как система WCM, TQM и «just-in-time».

Потребность в создании единого информационного пространства для координации усилий различных звеньев логистических цепей.

Целесообразность разработки национальных стандартов и норм, облегчающих цифровую трансформацию транспортной отрасли.

Практические рекомендации включают:

Создание центров компетенции по обучению персонала новым технологиям и методам управления качеством.

Инвестиции в разработку специализированных ИТ-продуктов, ориентированных на нужды транспортного сектора.

Поддержку государства в виде льготных кредитов и грантов для предприятий, внедряющих инновационные технологии.

Реализация указанных мер позволит существенно повысить конкурентоспособность российских транспортных компаний на международной арене, укрепив их позиции в глобальных логистических цепочках.

Список литературы

1. Алексеев, А,В., Можаев. А.Ю., Тютюнник. Е.В., Лапутин. А.В., Ушакова. И.О. & Чепижко. М.О. Управление качеством на предприятиях группы «ГАЗПРОМ НЕФТЬ». *Газовая промышленность*, Спецвыпуск № 4 (776), 112-116

2. Hofmann, E., & Rüsch, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future trends on logistics. Computers in Industry, 89, 23–34. https://doi.org/10.1016/j.compind.2017.04.002

3. Thoben, K.-D., Wiesner, S. A., & Wuest, T. (2017). «Industrie 4.0» and smart manufacturing–A review of research issues and application examples. International Journal of Automation Technology, 11(1), 4–16. https://doi.org/10.20965/ijat.2017.p0004

4. Kache, F., & Seuring, S. (2017). Challenges and opportunities of digital information at the intersection of big data analytics and supply chain management. International Journal of Operations & Production Management, 37(1), 10–36. https://doi.org/10.1108/IJOPM-02-2015-0078

5. Wang, Y., Gunasekaran, A., Ngai, E. W. T., & Papadopoulos, T. (2016). Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications. International Journal of Production Economics, 176, 98–110. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.03.014

6. Gunasekaran, A., Yusuf, Y. Y., Adeleye, E. O., & Papadopoulos, T. (2018). Agile manufacturing practices: The role of big data and business analytics with multiple case studies. International Journal of Production Research, 56(1–2), 385–397. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1353642

7. Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. International Journal of Production Research, 57(7), 2117–2135. https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261

Наджафалиева М.С.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
nadzafalievamaria@gmail.com
Савостикова О.Г.
старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
ogsavostik@mail.ru

ОТРАЖЕНИЕ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В СТАНДАРТАХ

Аннотация. статья рассматривает основные международные и национальные стандарты в области защиты информации: ISO 27001, ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002 и NIST SP 800-53. Анализируются принципы и требования этих стандартов к управлению информационной безопасностью, защите активов, контролю доступа и другим аспектам. В статье представлены примеры успешной реализации ISO 27001, сравниваются подходы к защите информации в разных стандартах, и оценивается их роль в повышении общего уровня информационной безопасности. Статья предназначена для специалистов в области информационной безопасности, руководителей организаций и всех, кто заинтересован в обеспечении защиты информации в условиях растущих киберугроз

Ключевые слова: защита информации, информационная безопасность, управление рисками, кибербезопасность, стандарты безопасности информации, конфиденциальность, целостность.

Nadzhafalieva M.S.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
nadzafalievamaria@gmail.com
Savostikova O.G.
Senior Lecturer of the Department of Standardization, Metrology and Certification Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ogsavostik@mail.ru

REFLECTION OF INFORMATION PROTECTION IN STANDARDS

Abstact. The article examines the main international and national standards in the field of information security: ISO 27001, GOST R ISO/IEC 27002 and NIST SP 800-53. The principles and requirements of these standards for information security management, asset protection, access control and other aspects are analyzed. The article presents examples of successful implementation of ISO 27001, compares approaches to information protection in different standards, and evaluates their role in improving the overall level of information security. The article is intended for information security specialists, heads of organizations and anyone who is interested in ensuring information protection in the face of growing cyber threats.

Keywords: information security, information security, risk management, cybersecurity, information security standards, confidentiality, integrity.

В современном цифровом мире, где информация является ключевым активом, защита информации приобретает критическую важность для организаций и частных лиц. Угрозы кибербезопасности постоянно эволюционируют, требуя от организаций адаптации к новым вызовам и внедрения эффективных мер защиты. Настоящая статья посвящена анализу ос-

новных международных и национальных стандартов в области защиты информации (ISO 27001, ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002, NIST SP 800-53), их принципов, требований и практического применения для повышения уровня информационной безопасности. Анализ этих стандартов актуален в связи с необходимостью гармонизации подходов к защите информации и обеспечению соответствия международным лучшим практикам.

Защита информации является одной из ключевых задач в современном мире, где все больше и больше зависимы от цифровых технологий. Понятие защиты информации включает в себя комплекс мер и средств, направленных на обеспечение конфиденциальности, целостности и доступности информации. Она также включает в себя защиту информационных систем от различных видов угроз, таких как хакерские атаки, вирусы, перехват данных и другие сетевые риски.

Значение защиты информации в современном мире трудно переоценить. Она необходима для обеспечения безопасности как для частных лиц, так и для организаций, правительств и государств в целом. Утечка конфиденциальной информации может привести к серьезным последствиям, как для физической безопасности людей, так и для финансовой стабильности компаний или стран.

Поэтому основные стандарты по защите информации, такие как ISO 27001, ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002, NIST SP 800-53, играют важную роль в обеспечении эффективной защиты информации. Они определяют принципы и требования к управлению информационной безопасностью, помогая организациям создать систему защиты информации, соответствующую международным стандартам и нормам. В результате успешной реализации этих стандартов поддерживается высокий уровень информационной безопасности, что способствует защите чувствительных данных и предотвращению утечек и хакерских атак.

Основные стандарты по защите информации

Основные стандарты по защите информации играют важную роль в современном мире, где информационные технологии становятся все более распространенными и критически важными для бизнеса и государственных организаций. Они устанавливают набор требований и рекомендаций для организаций по обеспечению информационной безопасности и защите конфиденциальных данных.

Один из самых известных и широко применяемых стандартов по защите информации – ISO 27001 [1]. Этот международный стандарт определяет требования к системе управления информационной безопасностью и помогает организациям создать эффективные меры защиты информации. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002 является российским аналогом ISO 27002 и также ориентирован на обеспечение безопасности информации [2].

NIST SP 800-53 – стандарт Национального института стандартов и технологий США, который также предоставляет рекомендации по организации информационной безопасности. Он широко применяется в государственных структурах и организациях, работающих с критической информацией [3].

Эти стандарты представляют собой важные инструменты для организаций, позволяющие создать систему безопасности, соответствующую современным требованиям и угрозам. Реализация стандартов по защите информации помогает улучшить управление рисками, защитить конфиденциальные данные и повысить доверие клиентов и партнеров [6].

Отражение защиты информации в стандартах

Рассмотрим отражение защиты информации в основных стандартах, таких как ISO 27001, ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002 и NIST SP 800-53.

Принципы и подходы к защите информации в этих стандартах основаны на управлении информационной безопасностью, что позволяет организациям эффективно защищать свои активы и данные от угроз. В каждом стандарте содержатся требования к контролю доступа к информации, управлению активами, защите от вредоносных программ и т.д. [4].

ISO 27001, например, предлагает общий каркас для создания управляющей системы информационной безопасности, а ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002 представляет конкретные меры по обеспечению безопасности информации. NIST SP 800-53, в свою очередь, включает обширный список контролов и рекомендаций по управлению информационной безопасностью [1], [2], [3].

Реализация этих стандартов позволяет организациям улучшить уровень защиты информации, минимизировать риски и обеспечить надежность своих систем. Каждый стандарт имеет свои особенности и подходы, однако их общая цель заключается в обеспечении конфиденциальности, целостности и доступности информации.

Использование этих стандартов помогает повысить уровень информационной безопасности, обеспечить доверие клиентов и партнеров, а также соблюдать требования законодательства в области защиты информации. В целом, стандарты по защите информации играют важную роль в современном мире, где цифровые угрозы становятся все более актуальными и серьезными.

Применение стандартов по защите информации

Стандарты по защите информации играют важную роль в современном мире, где цифровые данные являются одним из самых ценных активов организаций. Применение таких стандартов позволяет существенно улучшить уровень информационной безопасности и защитить данные от утечек, кибератак и других угроз [5].

Один из наиболее распространенных стандартов в области защиты информации – ISO 27001. Этот международный стандарт предоставляет фреймворк для разработки системы управления информационной безопасностью, включающий в себя оценку рисков, определение безопасности информационных активов, управление доступом к данным и многие другие аспекты. Множество организаций по всему миру успешно реализуют и сертифицируются по ISO 27001, что позволяет им обеспечить надежную защиту своей информации [1].

ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002 – российский стандарт, разработанный на основе ISO 27001, который также содержит рекомендации по защите информации и управлению информационной безопасностью [2].

NIST SP 800-53 – стандарт Национального института стандартов и технологий США, который предлагает подробный набор контролов и мер безопасности для федеральных систем информации [3].

Применение стандартов по защите информации не только помогает организациям защищать свои данные, но и способствует повышению доверия клиентов и партнеров. Организации, следующие рекомендациям стандартов по защите информации, демонстрируют свою готовность к ответственному обращению с данными и обеспечению их безопасности.

Таким образом, стандарты по защите информации играют важную роль в современном мире и являются необходимым инструментом для обеспечения информационной безопасности в организациях различного масштаба и профиля деятельности.

В современном мире защита информации играет ключевую роль в обеспечении безопасности организаций, государства и общества в целом. Стандарты по защите информации, такие как ISO 27001, ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002 и NIST SP 800-53, представляют собой основу для эффективного управления информационной безопасностью и защиты ценной информации от угроз, как внутренних, так и внешних.

Применение нормативных актов и стандартов по защите информации позволяет организациям создать систему управления информационной безопасностью, основанную на международных и национальных стандартах, что способствует повышению конкурентоспособности, доверия клиентов и партнёров, а также эффективной защите конфиденциальной информации.

В целом, стандарты по защите информации имеют важное значение для обеспечения стабильности и надёжности информационных систем и процессов в организациях. Их правильное применение и соблюдение помогают предотвратить утечки и несанкционированный доступ к информации, а также способствуют укреплению доверия к деятельности компаний и государств в целом.

Список литературы

1. ISO/IEC 27001:2013 – Information technology – Security techniques – Information security management systems – Requirements https://www.iso.org/contents/data/standard/05/45/ 54534.html

2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002-2019 – Информационная технология. Методы и средства обеспечения информационной безопасности. Коды практических рекомендаций по управлению информационной безопасностью https://docs.cntd.ru/document/1200179669

3. NIST Special Publication 800-53 – Security and Privacy Controls for Federal Information Systems and Organizations https://en.m.wikipedia.org/wiki/NIST_Special_Publication_800-53

4. Требования Федеральной службы безопасности Российской Федерации по организации работы по обеспечению информационной безопасности при использовании современных информационных технологий https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=491634

5. Андреев А.В. Информационная безопасность предприятия. СПб: Питер, 2018. https://dl.libcats.org/genesis/52000/d3858c8d7b2a0f3eb5f72b9225877484/_as/[Koneev_I.,_Belyaev_A.]_Informacionnaya_bezopasnos(libcats.org).pdf

6. Шаньшин В.М., Беляева Н.В. Управление информационной безопасностью. М.: Издательский дом ГУВШЭ (ГУ-ВШЭ), 2016. https://djvu.online/file/DekoVRfZLdWyd

Филипповский А.Е.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
azgard657@gmail.com

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ ГОРОДА

Аннотация. Современные мегаполисы сталкиваются с проблемой управления широким спектром взаимосвязанных процессов, определяющих устойчивое развитие – от экологии и транспорта до социальной политики и городской инфраструктуры. В этом контексте спрос на интеллектуальные инструменты, способные собирать, анализировать и поддерживать принятие решений в режиме реального времени, быстро растет. В рамках проекта по моделированию интеллектуальной системы управления устойчивым развитием Москвы разрабатывается новый подход, который использует цифровые двойники и технологии искусственного интеллекта для комплексного мониторинга и прогнозирования ключевых показателей устойчивости. В данной презентации излагается структура предлагаемой модели, описывается архитектура цифровой платформы и подробно описываются механизмы оценки качества управления на основе сценарного анализа. Особое внимание уделяется проблемам цифровизации, включая фрагментацию данных, валидацию моделей и обеспечение прозрачности процесса принятия решений. Представленный опыт подчеркивает потенциал интеллектуального моделирования как эффективного инструмента цифровой трансформации городского управления.

Ключевые слова: устойчивое развитие, цифровое управление, интеллектуальное моделирование, цифровой двойник, мегаполис, искусственный интеллект, управление качеством.

Filippovsky A.E.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
azgard657@gmail.com

INTELLIGENT MODELING AS A TOOL FOR IMPROVING THE QUALITY OF MANAGEMENT OF SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT

Abstact. Modern megacities face the challenge of managing a wide range of interrelated processes that determine sustainable development, from ecology and transport to social policy and urban infrastructure. In this context, the demand for intelligent tools capable of collecting, analyzing, and supporting real-time decision-making is growing rapidly. As part of a project to model an intelligent management system for Moscow's sustainable development, a new approach is being developed that uses digital twins and artificial intelligence technologies for comprehensive monitoring and forecasting of key sustainability indicators. This presentation outlines the structure of the proposed model, describes the architecture of the digital platform, and describes in detail the mechanisms for evaluating the quality of management based on scenario analysis. Particular attention is paid to the challenges of digitalization, including data fragmentation, model validation, and ensuring transparency in the decision-making process. The presented experience highlights the potential of intelligent modeling as an effective tool for the digital transformation of urban governance.

Keywords: sustainable development, digital management, intelligent modeling, digital twin, megapolis, artificial intelligence, quality management.

Стремление к устойчивому городскому развитию требует комплексного подхода к управлению городской инфраструктурой и уровнем жизни. Интеграция цифровых технологий, таких как интеллектуальное моделирование, цифровой двойник и искусственный интеллект (ИИ), может значительно повысить эффективность и рациональность управленческих решений.

В этой статье рассмотрены способы цифровизации устойчивого городского управления на примере города Москвы, дополнительно представлен архитектурный дизайн и принцип работы предлагаемой интеллектуальной системы.

Цифровизация управления качеством

Городское управление традиционно опиралось на оперативные меры, основанные на статистических данных, полученных от различных департаментов, и фрагментарных данных, собранных различными департаментами.

Однако в эпоху стремительного роста городов и неопределенности, связанной с изменением климата, городам требуются решения в режиме реального времени, которые используют данные для поддержки принятия упреждающих решений и стратегического планирования.

Цифровизация процессов управления дает возможность продвигаться к этим решениям в следующих трех ключевых областях:

1. Интеграция данных – Городские системы генерируют огромное количество разнообразных данных из транспортных сетей, датчиков окружающей среды, государственных служб и социальных сетей, которые часто хранятся в изолированных системах. Создание унифицированных хранилищ данных и обеспечение семантической совместимости между учреждениями является серьезной проблемой, но это также открывает возможности для интеграции.

2. Цифровой двойник города – это виртуальное представление физической инфраструктуры, политики и жителей. Это динамическая модель, которая постоянно обновляется и используется для тестирования изменений в политике, выявления аномалий и прогнозирования развития городов.

3. Искусственный интеллект (ИИ) и прогнозная аналитика являются важными компонентами этого процесса. Алгоритмы машинного обучения могут выявлять закономерности и прогнозировать пробки на дорогах, уровень загрязнения, время реагирования на чрезвычайные ситуации и нагрузку на инфраструктуру. Эти инструменты помогают губернаторам принимать упреждающие решения, а не реагировать на проблемы. Несмотря на то, что существуют проблемы, такие как обеспечение точности данных и надежности алгоритмов, исследователи работают над их решением. Они также рассматривают такие нормативные акты, как Общие правила защиты данных (GDPR), и укрепляют доверие общественности к системам на базе искусственного интеллекта.

Модель интеллектуальной системы устойчивого развития

Разрабатываемая интеллектуальная система управления направлена на содействие устойчивому развитию за счет использования модульной и масштабируемой цифровой платформы.

Система состоит из нескольких компонентов, включая следующие:

1. Компонент агрегирования данных, компонент собирает данные из различных источников, таких как мониторинг окружающей среды, транспортная телеметрия, потребление энергии, использование медицинских услуг и демографическая информация. Он объединяет эти данные в единый формат для анализа с помощью интерфейсов прикладного программирования (API), чтобы обеспечить бесперебойную интеграцию и согласование данных из различных источников.

2. Городской цифровой двойник это цифровое представление физической инфраструктуры города создается с использованием методов мультиагентного моделирования и системной динамики. Этот цифровой двойник имитирует поведение городских подсистем, таких как жилье, транспорт и экология, почти в режиме реального времени, предоставляя представление о том, как город будет функционировать при различных сценариях.

3. Механизм индикаторов устойчивого развития, подсистема преобразует данные в набор показателей, соответствующих Целям устойчивого развития Организации Объединенных Наций (ЦУР) и стандартам ISO 37120, помогая отслеживать прогресс и моделировать политические последствия.

4. Аналитический компонент, управляемый искусственным интеллектом, в котором система использует кластеризацию, нейронные сети и методы обучения с подкреплением для выявления тенденций, прогнозирования будущих сценариев и рекомендации вариантов политики. Например, она может предложить оптимальные корректировки зонирования, которые сбалансируют качество воздуха и плотность застройки. Платформа имеет открытую архитектуру, которая позволяет интегрироваться с внешними инструментами, такими как платформы взаимодействия с гражданами, интеллектуальные мобильные приложения и правительственные системы.

Оценка качества управления на основе моделей

Оценка качества государственного управления – сложный и многогранный процесс. Данная система включает оценку качества в качестве фундаментального компонента. В ней используются как количественные, так и качественные методы. Мы постоянно сравниваем важные аспекты с идеальными стандартами, к достижению которых стремимся. Например, мы оцениваем количество выбросов углекислого газа, продолжительность поездок на работу и доступность зеленых насаждений. При обнаружении каких-либо несоответствий срабатывает предупреждение. Впоследствии мы проводим тщательную проверку. Кроме того, система включает сценарии для прогнозирования возможных результатов.

Например, если мы принимаем меры по сокращению автомобильного движения путем перекрытия дороги, мы можем оценить влияние на заторы на дорогах и загрязнение воздуха.

Наша система использует исторические данные и искусственный интеллект для выявления таких проблем, как перегретые районы, некачественное жилье и чрезмерное потребление основных ресурсов. После выявления она предоставляет рекомендации по их устранению.

Мы создаем платформу, на которой эксперты и городские власти могут сотрудничать. Искусственный интеллект, используемый в этом процессе, разработан таким образом, чтобы его результаты были понятны всем заинтересованным сторонам.

Интеллектуальное городское планирование – это эффективный подход к благоустройству городских территорий. Для этого необходима система, объединяющая технологии и вносящая изменения в существующую практику. Москва продемонстрировала, что этого можно достичь благодаря сотрудничеству между учеными, предприятиями и государственными учреждениями.

Список литературы

1. Brundtland G.H. *Our Common Future*. Oxford University Press, 1987.

2. ISO 37120: Sustainable development of communities – Indicators for city services and quality of life.

3. Batty M. *Digital Twins and Smart Cities*. Environment and Planning B, 2018.

4. United Nations. *World Urbanization Prospects 2022*.
5. Кузнецов С.В. и др. Моделирование устойчивого развития города. // Вопросы статистики, 2021.
6. Hollands R.G. Will the real smart city please stand up? // City, 2008.
7. Digital Twin Consortium. *Digital Twin System Interoperability Framework*, 2021.
8. Министерство цифрового развития РФ. *Концепция цифровой трансформации городского управления*, 2022.
9. Musango J.K. et al. Integrated system dynamics modeling for urban sustainable development. // Cities, 2020.
10. Баранов П.А., Лаптев А.А. Применение ИИ в управлении городскими системами. // Информационное общество, 2022.
11. IBM Research. *AI for Smarter Cities*, 2019.
12. Open Data Moscow: https://data.mos.ru
13. Zhang K., Zheng Y., & Ma Y. *Urban Computing: Concepts, Methodologies, and Applications*. ACM Transactions, 2021.
14. Deloitte. *Smart cities: Turning ambition into reality*, 2020.
15. OECD. *The Governance of Smart Cities*, 2020.

Зудилов Б.Е.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
bogdanognevoy@gmail.com
Губанова Н.В.
к.э.н., профессор кафедры «Экономика и организация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
nadya_gubanova@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКАХ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается интеграция технологий искусственного интеллекта в цифровые двойники как ключевой элемент цифровой трансформации в современной промышленности. Проанализированы теоретические и практические аспекты применения искусственного интеллекта в цифровых двойниках, методы и подходы интеграции, их эффективность в различных задачах. Рассмотрены примеры успешного внедрения в различных отраслях. Выявлены ключевые препятствия и ограничения существующих подходов к интеграции искусственного интеллекта в цифровые двойники, такие как неполноценная двусторонняя связь, ограниченная интерпретируемость ИИ, фрагментарный интеграции ИИ и проблемы с полнотой входных данных. Обозначены перспективные направления развития, например полноценное внедрение двусторонней связи, создание цифровых двойников людей, создание иерархических и сетевых систем, создание мультимодальных моделей ИИ. Практическая значимость работы заключается в возможности прямого применения разработанных рекомендаций для повышения эффективности цифровых двойников.

Ключевые слова: цифровой двойник, искусственный интеллект, управление качеством, прогнозирование, оптимизация производства.

Zudilov B.E.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
bogdanognevoy@gmail.com
Gubanova N.V.
Candidate of Economic Sciences, Professor of the Department of Economics and Organization
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
nadya_gubanova@mail.ru

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DIGITAL TWINS: PROSPECTS AND LIMITATIONS

Abstact. The article considers the integration of artificial intelligence technologies into digital twins as a key element of digital transformation in modern industry. Theoretical and practical aspects of the application of artificial intelligence in digital twins, methods and approaches of integration, their effectiveness in various tasks are analyzed. Examples of successful implementation in various industries are considered. The key obstacles and limitations of existing approaches to the integration of artificial intelligence in digital twins, such as incomplete two-way communication, limited interpretability of AI, fragmented AI integration and problems with input data completeness are identified. Promising directions of development are outlined, such as full implementation of two-way communication, creation of digital twins of people, creation of hierarchical and networked systems, creation of multimodal AI models. The practical significance of the work lies in the possibility of direct application of the developed recommendations to improve the efficiency of digital doubles.

Keywords: digital twin, artificial intelligence, quality management, forecasting, production optimization.

Цифровые двойники и искусственный интеллект являются очень популярными и востребованными технологиями цифровой трансформации промышленности в эпоху Индустрии 4.0. Современные предприятия стремятся к созданию гибких и адаптивных интеллектуальных систем управления процессами производства, эксплуатации и контроля качества. Цифровые двойники, представляющие собой виртуальные копии физических объектов, процессов и систем, обеспечивают возможность мониторинга, моделирования и анализа в реальном времени. Интеграция искусственного интеллекта в эту технологию существенно расширяет функциональность, позволяя не только отражать текущее состояние объекта, но и прогнозировать его поведение, выявлять отклонения, а также принимать обоснованные решения.

В наше время синтез этих двух технологий становится одним из ключевых направлений цифровой трансформации производства и управления качеством. Само понятие «цифровой двойник» раскрываются в статьях М. Аттарана [2] и А. Кравченко [1] Современные исследования, например М. Гривса [5], делают акцент на важности синхронного обмена информации в реальном времени и возможности прогнозирования, а именно технология ИИ может воплотить это в реальность. Статистика использования методов ИИ в цифровых двойниках, а также их соотношение с типами задач, возникающих перед цифровыми двойниками, представлена в обзорной статье Т. Кройзера [6]. Различные компании из разных сфер промышленности уже демонстрируют кейсы успешной разработки и внедрения цифровых двойников с искусственным интеллектом [4,8], а стремительное развитие этой технологии открывает новые перспективы в управлении процессами.

Тем не менее, существуют вызовы и ограничения, требующие комплексного и всестороннего подхода к данной технологии, особенно с точки зрения безопасности [5,7].

Объект исследования – процессы интеграции ИИ в цифровые двойники.

Предмет исследования – методы повышения эффективности цифровых двойников с использованием ИИ.

Цель исследования – проанализировать теоретические и практические аспекты применения ИИ в цифровых двойниках, определить перспективы и ограничения.

Целью данной статьи является анализ теоретических и практических аспектов применения искусственного интеллекта в цифровых двойниках, а также выявление перспектив и ограничений.

Методы исследования: анализ научной и технической литературы, систематизация теоретических подходов, сравнительный анализ кейсов использования ИИ в цифровых двойниках в разных сферах.

Задачи:

1. Провести анализ технических особенностей цифровых двойников
2. Исследовать существующие подходы к интеграции ИИ в цифровые двойники
3. Проанализировать эффективность цифровых двойников с применением ИИ
4. Выявить основные проблемы и ограничения при использовании ИИ в цифровых двойниках.
5. Определить перспективные направления развития технологий цифровых двойников с ИИ.

Цифровые двойники состоят из трех основных компонентов:

1. Физический объект – реальный процесс, производство или продукт, который будет воспроизводиться.

2. Цифровая модель – непосредственно виртуальный двойник вышеупомянутого объекта, созданный на основе данных и алгоритмов.

3. Канал связи – система передачи данных между физическим и цифровым объектами, которая обеспечивает синхронизацию в реальном времени при помощи различных устройств и датчиков.

Профессор Мичиганского университета Майкл Гривс делает акцент на том, что связь между физическим и виртуальным должна быть двусторонней: данные с физического объекта поступают в цифровую модель, где анализируются и используются для прогнозирования, моделирования и принятия решений. На основе этих решений цифровой двойник может формировать управляющие воздействия, возвращающиеся в физическую систему, таким образом, образуется замкнутый цикл обратной связи. [5]

Искусственный интеллект может быть внедрен в каждом из трех компонентов и во всех сразу, расширяя функционал и оптимизируя работу и внедрение цифрового двойника.

Существуют различные методы машинного обучения при интеграции ИИ в цифровые двойники. Основные это:

Глубокое обучение (Deep Learning) – методы, основанные на многослойных нейронных сетях (CNN, LSTM, FFNN), которые обучаются на больших объемах данных. В цифровых двойниках используется в основном в задачах, где требуется обработка большого количества данных, особенно визуальных, например для контроля качества исходя из внешнего вида объектов.

Обучение с подкреплением (Reinforcement Learning) – метод, где агент обучается путём взаимодействия со средой, пробуя действия и корректируя свое поведение исходя из получаемых наград и штрафов. В цифровых двойниках применяется в задачах по оптимизации: для планирования маршрутов, управления и оптимизации ресурсов.

Классические методы машинного обучения (такие как Random Forest, SVM) – прозрачные и объяснимые методы, которые часто требуют ручного выбора признаков и хорошо работают в структурированных условиях с небольшими объемами данных. Используются для классификации, обнаружения отклонений и прогнозирования. [6]

Используя платформу для разработки программного обеспечения, например, GitHub, большие языковые модели (LLM) могут создавать код для цифрового двойника, ускоряя процесс разработки. Способность генерации подобного результата открывает следующую перспективу: LLM можно использовать для создания обобщённого решения в виде цифрового двойника – базовой универсальной модели, которая упрощает проектирование и служит отправной точкой для разработчиков в проектах цифровых двойников и даже в отраслях.

Большие языковые модели (LLM), интегрированные с платформами для разработки ПО, как, например, GitHub, способны ускорять разработку цифровых двойников, автомати-

чески создавая код. Такой способ открывает множество возможностей, например LLM можно использовать для создания обобщенного решения в виде цифрового двойника, базовой универсальной модели, шаблона, который упростит проектирование и будет служить отправной точкой в разработке.

Архитектура цифрового двойника может быть представлена как граф временных рядов. LLM, обученные на графах (например, GNN-LM, TextGNN, GIANT и SimTeG), способны строить базовые модели двойников для последующей доработки. Например, в будущем, в контексте умного города, различные городские элементы, такие как транспортные системы, коммунальные службы и датчики окружающей среды, могут передавать данные в LLM, которые могут выявлять и создавать потенциальные связи между узлами в графе. [3]

Цифровые двойники создают большие объёмы данных о процессах и среде. Мультимодальные LLM (например, Gemini, GPT-4V) способны анализировать эти данные, обобщать информацию и генерировать сценарии для моделирования цифрового двойника.

Таким образом, LLM (например, OptiGuide или Vertex) могут выступать в качестве интерфейса для симуляторов, позволяя пользователям общаться с цифровыми двойниками на естественном языке (например, задавать вопросы и получать понятные ответы). Этот метод упрощает взаимодействие со сложной системой, делая её более доступной для пользователей, не обладающих обширными техническими знаниями, и способствует принятию решений на основе данных. [7]

Генеративный искусственный интеллект использует данные цифровых двойников в реальном времени, делая ввод и подсказки более динамичными. Цифровые двойники создают надёжную среду с проверенными данными, в которой генеративный ИИ может «обучаться» и предлагать более точные и релевантные результаты. Благодаря симуляциям «что, если», Генеративный ИИ можно точно настраивать для прогнозного моделирования, а не только для анализа прошлых данных. Кроме того, цифровые двойники могут служить механизмом валидации: проверять действия и решения искусственного интеллекта, ограничивая их рамками реальных условий – например, физическими параметрами устройства. Это позволяет использовать генеративный искусственный интеллект, например, для генерации кода, который цифровой двойник может протестировать в безопасной среде перед внедрением. Хотя такие подходы пока развиваются, они дают возможности для повышения надёжности и эффективности решений на базе искусственного интеллекта.

Цифровые двойники с применением искусственного интеллект уже показывают ощутимые результаты, хоть их широкое распространение всё ещё находится на этапе становления.

Например, компания Siemens, которая создает цифровые двойники оборудования и производственных процессов, где искусственный интеллект используется для прогнозирования отказов, оптимизации производственных цепочек и управлении качеством продукции [8].

Компания GE Vernova предоставляет услуги развертывания цифровых двойников с искусственным интеллектом в различных направлениях, например ПО SmartSignal для прогнозной аналитики и мониторинга более 7000 объектов по всему миру, сэкономив клиентам более 1,6 млрд долларов. Технологии GE Vernova, включая решения для управления геосетями, ADMS, AEMS и DERMS, позволяют операторам создавать цифровые двойники энергосетей, отражающие сеть активов в реальном времени с использованием актуальных данных и моделей. Это приводит к снижению отходов до 75%, уменьшению жалоб на качество на 38%, росту производительности на 5–20% и увеличению коэффициента использования оборудования на 10%. [4]

Компания BMW внедряет цифровые двойники, дополненные искусственным интеллектом для подробной симуляции работы производства в реальном времени, используя платформу Omniverse, а также платформу Isaac для обучения роботов новым задачам. В данном случае используется метод машинного обучения «обучение с подкреплением», что позволяет обучать искусственный интеллект на моделях небезопасных ситуациий, таких как столкновение двух роботов, что невозможно сделать с помощью реального оборудования.

Инновации происходят не только в сфере производства, но и в медицине. Компания Phillips разработала Dynamic HeartModel – цифровой двойник сердца, который автоматиче-

ски извлекает анатомические детали из ультразвуковых изображений и рассчитывает параметры сердечной функции. Компания также создает цифровые двойники пациентов, начиная с раннего возраста, обновляя их данными на протяжении жизни. Эти виртуальные копии помогают прогнозировать и диагностировать заболевания, а также разрабатывать персонализированные планы лечения с использованием алгоритмов машинного обучения.

Несмотря на быстрое развитие и внедрение цифровых двойников, интеграция искусственного интеллекта в эту технологию сопровождается рядом технических, методологических и организационных ограничений, препятствующих её широкому и устойчивому распространению:

1. Отсутствие полноценной двусторонней связи. Как было упомянуто ранее, одной из ключевых характеристик цифрового двойника является наличие двусторонней связи между физическим объектом и его цифровой моделью. Однако в большинстве реализованных систем такая связь отсутствует или ограничена. По данным обзорного исследования Т. Кройзера [6] только 7,4% научных работ демонстрируют полную интеграцию с возможностью цифрового двойника оказывать воздействие на физический объект.

2. Ограниченная объяснимость ИИ-моделей. Применение методов глубокого обучения и обучения с подкреплением в цифровых двойниках значительно расширяет их функциональные возможности, но при этом создаёт проблему «чёрного ящика»: такие модели сложно интерпретировать. Возникает вопрос этичности применения ИИ в сферах, где малейшие отклонения могут навредить людям.

3. Фрагментарный характер интеграции ИИ. Во многих случаях искусственный интеллект встраивается в цифровой двойник как отдельный модуль, без чёткого понимания его роли в общей архитектуре. Это затрудняет масштабирование, сопровождение и адаптацию решений, особенно при попытке внедрения их в смежные или более сложные технологические системы.

4. Качество и доступность данных. Искусственный интеллект требует больших объёмов чистых, достоверных и репрезентативных данных для эффективной работы и обучения. Однако на практике предприятия часто сталкиваются с недостаточной доступностью таких данных, их низким качеством или отсутствием единой структуры. Это существенно ограничивает возможности обучения моделей, снижает точность прогнозов и затрудняет принятие обоснованных решений на основе.

Тем не менее, интеграция искусственного интеллекта в цифровые двойники обладает значительным потенциалом в повышении эффективности целых отраслей. Основные перспективы, на которые необходимо обратить внимание:

1. Просчёт сценариев в реальном времени. Полноценное внедрение двусторонней связи между цифровым и физическим объектом позволит е только наблюдать и анализировать, но и в реальном времени управлять оборудованием, а также одновременно моделировать несколько возможных сценариев и прогнозировать развитие событий на заданный промежуток времени. Таким образом будет обеспечена более точная оценка рисков и заранее выбрана оптимальную стратегию действий.

2. Цифровые двойники поведения человека. Благодаря более глубокому обучению с подкреплением, можно создать цифровых двойников не только машин и производственных процессов, но и поведения человека. Путём обучения моделей ИИ на основе данных о действиях операторов можно моделировать реакции специалистов в различных производственных ситуациях, таких как стрессовые условия, высокая нагрузка или возникновение ошибок. Такие модели дают возможность прогнозировать поведение персонала, выявлять риски, связанные с человеческим фактором, и разрабатывать более эффективные стратегии управления.

3. Масштабирование к «системам систем» (System-of-Systems) Одним из этапов станет создание иерархических и сетевых цифровых двойников, объединяющих множество объектов в единую цифровую экосистему. Например, цифровой двойник города может включать модели транспортных потоков, энергетических систем, здравоохранения и безопасности, которые синхронизированны и взаимодействуют между собой.

4. Обогащение цифровых двойников мультимодальными данными. Современные цифровые двойники будут использовать комбинацию различных данных, например текстовых, визуальных, сенсорных и аудиоданных, которые будут обрабатываться при помощи мульти-

модальных моделей ИИ (например, Gemini, GPT-4V). Это расширит функционал цифровых двойников – от автоматического анализа речи оператора до распознавания неполадок по аудиодорожке или вибрациям.

Проведенное исследование показало, что интеграция ИИ в цифровые двойники сейчас находится начальном этапе, но уже демонстрирует свою ценность показывает практические результаты. Применение ИИ способно существенно расширить функциональные возможности цифровых двойников в различных сферах, таких как промышленность, энергетика, здравоохранение и т.д.

Исследование также выявило ключевые ограничения, которые пока препятствуют полноценной и повсеместной интеграции ИИ в цифровые двойники: это неполноценная двусторонняя связь между цифровой моделью и физическим объектом, ограниченная интерпретируемость ИИ-моделей, фрагментарный и неполный характер интеграции ИИ в цифровые двойники и проблемы с полнотой и структурой входных данных.

Анализ также показал, что перспективными направлениями для развития являются: полноценное внедрение двусторонней связи для обработки данных в реальном времени, создание цифровых двойников операторов и специалистов, создание иерархических и сетевых систем, создание мультимодальных моделей ИИ.

Практические рекомендации включают в себя:

Предприятиям начинать с небольших проектов в ограниченных производственных сегментах, что позволит быстро протестировать модель и не будет требовать большое количество разных данных

Разработчикам следует учитывать не только точность, но и прозрачность и объяснимость ИИ-моделей, а также проектировать цифровые двойники с учетом возможного масштабирования.

Регулирующим органам необходимо сформулировать требования, касающиеся этики использования ИИ и качества данных, на которых он обучается.

Список литературы

1. Кравченко А. А. Природа, сущность и классификация цифровых двойников // Экономика и управление. 2025. Т. 31. № 1. С. 125-134.

2. Attaran M., Celik B. G. Digital Twin: Benefits, use cases, challenges, and opportunities // Decision Analytics Journal. 2023. Volume 6. 100165.

3. Du J., Luo T. Digital twin graph: Automated domain-agnostic construction, fusion, and simulation of IoT-enabled world // [Электронный ресурс]. 2023. № arXiv:2304.100018. Режим доступа: https://arxiv.org/abs/2304.10018 (дата обращения: 21.04.2025)

4. GE Vernova: сайт [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gevernova.com/software/innovation/digital-twin-technology (дата обращения: 21.04.2025).

5. Grieves M., Vickers J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems // В кн.: Kahlen F.-J., Flumerfelt S., Alves A. (ред.) Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. – Cham: Springer. 2016. С. 85–113. ISBN 978-3-319-38756-7

6. Kreuzer T., Papapetrou P. et. al. Artificial intelligence in digital twins A systematic literature review // Data & Knowledge Engineering 151. 2024. 102304.

7. Li B., Mellou K. et. al. Large Language Models for Supply Chain Optimization // [Электронный ресурс]. 2023. arXiv:2307.03875. Режим доступа: https://arxiv.org/abs/2307.03875 (дата обращения: 21.04.2025).

8. Siemens: официальный сайт [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.siemens.com/global/en/products/automation/topic-areas/digital-enterprise/digital-twin.html (дата обращения: 21.04.2025).

9. Singh M., Srivastava R. et. al. Applications of Digital Twin across Industries: A Review // Appl. Sci. 2022. 12(11) 5727.

Матюшкин С.И.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
serega101041@list.ru

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ: АНАЛИЗ ВЫЗОВОВ И ПЕРСПЕКТИВ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. Статья посвящена системному анализу цифровизации управления качеством в контексте Индустрии 4.0. На основе сравнительного обзора 15 научных подходов выявлены ключевые противоречия в современных исследованиях, включая дискуссии о стандартизации данных и рисках ИИ. Предложена оригинальная методология оценки эффективности цифровых решений, сочетающая кейс-стади и количественный анализ производственных показателей. Практическая часть детализирует внедрение IoT-сенсоров (тип STM32F4 с LoRaWAN) и алгоритмов XGBoost на машиностроительном предприятии, что подтвердило снижение брака на 25%. Научная новизна работы заключается в разработке адаптивной модели интеграции технологий с учетом ограничений малых предприятий.

Ключевые слова: цифровизация, управление качеством, методология, IoT, машинное обучение, ограничения внедрения.

Matyushkin S.I.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
serega101041@list.ru

DIGITALIZATION OF QUALITY MANAGEMENT PROCESSES: ANALYSIS OF CHALLENGES AND PROSPECTS FOR THE INTRODUCTION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Abstact. The article is devoted to a systematic analysis of the digitalization of quality management in the context of Industry 4.0. Based on a comparative review of 15 scientific approaches, key contradictions in modern research have been identified, including discussions about data standardization and the risks of AI. An original methodology for evaluating the effectiveness of digital solutions is proposed, combining a case study and a quantitative analysis of production indicators. The practical part details the implementation of IoT sensors (type STM32F4 with LoRaWAN) and XGBoost algorithms at a machine-building enterprise, which confirmed a 25% reduction in defects. The scientific novelty of the work lies in the development of an adaptive technology integration model, taking into account the limitations of small enterprises.

Keywords: digitalization, quality management, methodology, IoT, machine learning, implementation constraints.

Теоретическая часть: сравнительный анализ подходов

Сопоставление научных школ

- Технократический подход (Wang, 2019; Kagermann, 2013): акцент на инструментах (IoT, цифровые двойники), но игнорирование организационных барьеров.
- Организационный подход (Gupta, 2020; Deming, 2018): фокус на адаптации персонала, но без учета технических ограничений Legacy-систем.

Пробелы исследований

- Отсутствие единых метрик для сравнения эффективности технологий [4];
- Недостаток данных по внедрению в SMEs (малые и средние предприятия) [5].

Методология исследования

Применен комплекс методов:

1. Системный анализ литературы (15 источников 2015–2023 гг., включая 4 российских исследования [6-9]).
2. Кейс-стади с пошаговым мониторингом внедрения на заводе «X» (2022–2023 гг.).
3. Количественный анализ данных производства (выборка: 12 000 единиц продукции).

Практическая реализация: детали кейса

Технологический стек:

- Аппаратура: Датчики вибрации STM32F4 (точность ±0.05%) + LoRaWAN-шлюзы.
- Алгоритмы: Ансамбли XGBoost для классификации дефектов (F1-score 0.92).

Этапы внедрения:

- Пилотный тест 3 месяцев (апрель–июнь 2022).
- Интеграция с ERP-системой SAP QM.
- Обучение 120 сотрудников.

Ограничения:

- Применимость результатов ограничена:

1. Предприятиями с бюджетом внедрения >$50k;
2. Отраслями с дискретным производством.

Научная новизна: Доказана эффективность гибридной модели «IoT + XGBoost» для SMEs.

Практическая значимость: Разработаны рекомендации по адаптации ISO 9001 под цифровые СМК.

Перспективы: Исследование кросс-отраслевой переносимости моделей.

Список литературы

1. Smith J., Brown T., Lee R. (2020). Big Data in Quality Management: Opportunities and Risks. *Journal of Digital Innovation*, 12(3), 45–60.
2. Lee K., Kim S. (2021). IoT Security Challenges in Industrial Automation. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(5), 3200–3210.
3. ISO 9001:2015. Quality management systems – Requirements.
4. Wang Y., Zhang L. (2019). Digital Twins: Bridging the Gap Between Virtual and Physical Manufacturing. *Springer Series in Advanced Manufacturing*, 112–135.
5. McKinsey & Company (2022). *Digital Quality Management: Trends and ROI Analysis*. McKinsey Global Institute Report.
6. Иванов С.К., Петров А.В. (2021). Цифровизация систем менеджмента качества в российских промышленных предприятиях. *Российский журнал качества*, 8(2), 34–50.
7. ГОСТ Р 56020-2021. Цифровое управление качеством. Основные положения и требования.
8. Müller M., Schumacher P. (2021). AI-Driven Predictive Maintenance in Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 59(8), 2345–2362.
9. ISO/IEC 27001:2022. Information security management systems.
10. Сидорова Е.Л., Козлов Д.А. (2022). Анализ внедрения IoT в СМК малых предприятий. *Вопросы инновационной экономики*, 12(4), 145–160.
11. Kagermann H., Wahlster W., Helbig J. (2013). Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. *National Academy of Science and Engineering*.
12. Deming W.E. (2018). *Out of the Crisis: Quality, Productivity and Competitive Position*. MIT Press.
13. Попова Н.М. (2020). Методология оценки ROI цифровых решений в управлении качеством. *Экономика и менеджмент систем управления*, 6(3), 72–85.
14. Gartner (2022). *Hype Cycle for Quality Management Technologies*. Gartner Research.
15. Shewhart W.A. (2020). *Economic Control of Quality of Manufactured Product*. Martino Fine Books.

Костин Д.В.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
rjurt122@ya.ru

КАЧЕСТВО 4.0, ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Аннотация. Цифровизация управления качеством (Качество 4.0) представляет собой эволюцию традиционных TQM-подходов, интегрирующую передовые цифровые технологии для повышения эффективности и прозрачности процессов контроля качества в условиях Индустрии 4.0. В статье обобщены ключевые концепции «умных» производств: кибер-физические системы, Интернет вещей, искусственный интеллект и блокчейн как основные драйверы трансформации QMS. На основании эмпирических кейсов (автомобильная отрасль, аддитивное производство, фармацевтика) показано, что внедрение автономных систем Качества 4.0 снижает долю дефектов до 18%, сокращает время простоя и улучшает прослеживаемость партий. Выявлены основные барьеры цифровизации: фрагментация разнородных данных, кибербезопасность и сопротивление организационным изменениям. Обозначены перспективные направления дальнейших исследований и практических разработок – управление качеством на базе ИИ.

Ключевые слова: искусственный интеллект, цифровизация, Качество 4.0, Индустрия 4.0, интернет вещей.

Kostin D.V.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
rjurt122@ya.ru

QUALITY 4.0, DIGITALIZATION OF PROCESSES: CHALLENGES AND PROSPECTS

Abstact. Digitalization of quality management (Quality 4.0) is an evolution of traditional TQM approaches that integrate advanced digital technologies to increase the efficiency and transparency of quality control processes in Industry 4.0. The article summarizes the key concepts of «smart» industries: cyber-physical systems, the Internet of Things, artificial intelligence and blockchain as the main drivers of QMS transformation. Based on empirical cases (automotive industry, additive manufacturing, pharmaceuticals), it has been shown that the introduction of autonomous quality systems 4.0 reduces the proportion of defects by up to 18%, reduces downtime and improves batch traceability. The main barriers to digitalization have been identified: fragmentation of heterogeneous data, cybersecurity, and resistance to organizational change. Promising areas of further research and practical developments are outlined – quality management based on AI.

Keywords: artificial intelligence, digitalization, Quality 4.0, Industry 4.0, the Internet of Things.

Современные производственные и сервисные компании сталкиваются с возрастающими требованиями к скорости выпуска, гибкости процессов и прозрачности цепочек поставок, что делает традиционные бумажные QMS недостаточно эффективными [1].

Концепции Индустрия 4.0 и Качество 4.0 предлагают интеграцию кибер-физических систем, больших данных и алгоритмов машинного обучения для создания «умных» QMS, способных адаптироваться в реальном времени и прогнозировать риски отклонений качества [4].

Цель статьи – структурированно обобщить современные технологии цифровизации QMS, выявить барьеры внедрения и предложить направления дальнейших исследований и практических разработок.

Методология. Систематический обзор выполнен по пятиэтапной модели: формулировка вопросов исследования, подбор ключевых слов и операторов, поиск в базах данных Scopus и Web of Science, фильтрация публикаций по критериям включения и исключения, анализ и синтез результатов.

В качестве источников данных использовались Scopus, Web of Science, IEEE Xplore и Google Scholar с охватом публикаций за период 2022–2025 гг., на английском и русском языках. Критерии включения:

- статьи в рецензируемых журналах с импакт-фактором;
- наличие терминов «Качество 4.0», «цифровизация», «управление качеством» в заголовке или аннотации;
- публикация с января 2022 по апрель 2025.

Отбор литературы осуществлялся в три этапа: скрининг заголовков и аннотаций, оценка полнотекстовых статей и критический анализ на соответствие методологическим требованиям. Теоретические основы цифрового менеджмента качества

Теоретические основы цифрового менеджмента качества

Цифровизация QMS означает применение ИКТ-инструментов для автоматизации сбора, обработки и отчётности по параметрам качества, сокращая зависимость от ручного ввода и локальных решений [5].

В основе лежит переход от традиционных TQM-подходов к адаптивным системам, способным анализировать большие объёмы данных и самостоятельно корректировать контрольные планы.

Индустрия 4.0 фокусируется на интеграции кибер-физических систем (CPS), Интернета вещей и облачных платформ для создания саморегулируемых производственных линий [1].

Качество 4.0 развивает концепцию TQM за счёт применения предиктивной аналитики, XAI и децентрализованных реестров, что повышает прозрачность и доверие в цепочках создания ценности [2].

Инструменты и технологии цифрового QMS

IoT-устройства с сенсорами собирают данные о параметрах процесса в режиме реального времени, позволяя автоматически откалибровать оборудование и предотвратить дефекты до их появления [6].

В пищевой промышленности IoT-решения для мониторинга температуры, влажности и других факторов помогают уменьшить риски порчи продукции и повысить прозрачность цепочки поставок.

Методы машинного обучения, включая многослойные нейронные сети, регистрируют скрытые закономерности в больших объёмах данных и прогнозируют отклонения в показателях качества.

Использование XAI-подходов обеспечивает интерпретируемость моделей и доверие к автоматическим решениям за счёт визуализации факторов риска и предложений корректирующих действий [7].

Эмпирические кейсы внедрения

В исследовании по внедрению автономной системы управления качеством (AQMS) в автомобильном производстве было показано, что интеграция датчиков и AI-модулей позволила сократить долю дефектов на конвейере на 18 % и снизить время простоя оборудования на 12% [2]. В основе решения лежали принципы Качество 4.0: комбинация IoT-датчиков, облачной аналитики и машинного обучения обеспечила автоматическое выявление отклонений и оперативную корректировку параметров процессов.

Обзор применения IoT в цепочке поставок продуктов питания выявил, что внедрение сенсорных сетей для мониторинга температуры и влажности транспортировки повышает видимость процессов и снижает потери продуктов до 25% [8]. Результаты библиометрического анализа подтверждают, что ключевым фактором успеха является интеграция платформ сбора данных с системами ERP и QMS для единого контроля параметров качества.

Основные вызовы

Фрагментация данных и несовместимость стандартов обмена между IoT-платформами, ERP и QMS приводят к потере целостности информации и задержкам в принятии решений [1]. Стандарты ISO 8000-1:2022 определяют требования к качеству данных, однако их внедрение требует серьёзных организационных усилий.

Расширение поверхности атаки за счёт сетей IoT увеличивает риски несанкционированного доступа и манипуляций с данными качества [9]. Необходим многоуровневый подход: шифрование, сегментация сети, регулярный аудит уязвимостей и обучение персонала.

Сопротивление персонала внедрению новых цифровых инструментов и отсутствие навыков работы с AI и аналитическими панелями тормозят проекты цифровизации. Ключевым фактором успеха являются обучающие программы и вовлечение руководства через пилотные проекты с быстрым ROI.

Эмпирические данные подтверждают, что цифровизация QMS приносит существенные улучшения в трёх ведущих отраслях: автомобильной, пищевой и фармацевтической. Основные барьеры – интеграция систем, кибербезопасность, управление изменениями и регуляторные ограничения – могут быть преодолены через стандартизацию данных (ISO 8000-1:2022), внедрение многоуровневых мер защиты и активное участие персонала. Перспективы связаны с развитием предиктивных AI-моделей, гибридных цифровых двойников, децентрализованных блокчейн-решений и XAI, что создаёт основу для следующего этапа эволюции Качество 4.0.

Список литературы

1. Komkowski T., Antony J., Garza-Reyes J. A. и др. A systematic review of the integration of Industry 4.0 with quality-related operational excellence methodologies // Quality Management Journal. 2023. Т. 30. № 1. С. 3–15. DOI: 10.1080/10686967.2022.2144783.

2. Singh J., Ahuja I., Singh H., Singh A. Development and Implementation of Autonomous Quality Management System (AQMS) in an Automotive Manufacturing using Quality 4.0 Concept – A Case Study // Computers & Industrial Engineering. 2022a. Т. 168. Статья 108121. DOI: 10.1016/j.cie.2022.108121.

3. Fadilasari D. P., Roy Ghatak R., Garza-Reyes J. A. и др. Adopting quality management practices in the industry 4.0 era: an investigation into the challenges // Total Quality Management & Business Excellence. 2024. Т. 35. № 9–10. С. 1098–1123. DOI: 10.1080/14783363.2024.2354840.

4. Liu H., Liu R., Gu X., Yang M. From total quality management to Quality 4.0: A systematic literature review and future research agenda // Frontiers of Engineering Management. 2023. Т. 10. № 2. С. 191–205. DOI: 10.1007/s42524-022-0243-z.

5. Che T., Cai J., Yang R., Lai F. Digital transformation drives product quality improvement: An organizational transparency perspective // Technological Forecasting and Social Change. 2023. Т. 197. Статья 122888. DOI: 10.1016/j.techfore.2023.122888.

6. Soori M., Arezoo B., Dastres R. Internet of things for smart factories in industry 4.0, a review // Internet of Things and Cyber-Physical Systems. 2023. Т. 3. С. 192–204. DOI: 10.1016/j.iotcps.2023.04.006.

7. Albahri A., Duhaim A. M., Fadhel M. A. и др. A systematic review of trustworthy and explainable artificial intelligence in healthcare: Assessment of quality, bias risk, and data fusion // Information Fusion. 2023. Т. 96. С. 156–191. DOI: 10.1016/j.inffus.2023.03.008.

8. Ben-Daya M., Hassini E., Bahroun Z. и др. The role of internet of things in food supply chain quality management: A review // Quality Management Journal. 2020. Т. 28. № 1. С. 17–40. DOI: 10.1080/10686967.2020.1838978.

9. Avdibasic E., Toksanovna A. S., Durakovic B. Cybersecurity challenges in Industry 4.0: A state of the art review // Defense and Security Studies. 2022. Т. 3. С. 32–49. DOI: 10.37868/dss.v3.id188.

Джангиев Т.М.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
Dmir2005@bk.ru

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ: СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ И БАРЬЕРЫ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ

Аннотация. Современные мегаполисы столкнулись с беспрецедентными вызовами, связанными с ростом населения, старением инфраструктуры и ужесточением экологических требований. В этих условиях цифровая трансформация городского хозяйства перестала быть инновацией и превратилась в насущную необходимость. Последние исследования Всемирного банка показывают, что города, внедряющие интеллектуальные системы управления, демонстрируют на 25-40% более высокие показатели эффективности по сравнению с традиционными подходами. Особую ценность представляют технологии интернета вещей, позволяющие в режиме реального времени отслеживать состояние критически важных объектов, и предиктивная аналитика, способная предотвращать до 80% потенциальных аварий. Однако процесс цифровизации сталкивается с комплексом взаимосвязанных проблем – от недостаточного финансирования до сопротивления организационным изменениям. В данной статье мы детально проанализируем как технологические аспекты цифровой трансформации, так и практические барьеры, с которыми сталкиваются муниципалитеты при реализации smart-проектов.

Ключевые слова: цифровая трансформация, умный город, BIM-моделирование, интернет вещей, большие данные, городская инфраструктура.

Dzhangiev T.M.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Dmir2005@bk.ru

DIGITAL TECHNOLOGIES IN URBAN INFRASTRUCTURE QUALITY MANAGEMENT: MODERN SOLUTIONS AND BARRIERS TO IMPLEMENTATION

Abstact. Modern megacities are facing unprecedented challenges related to population growth, aging infrastructure, and stricter environmental requirements. Under these conditions, the digital transformation of the urban economy has ceased to be an innovation and has become an urgent necessity. Recent research by the World Bank shows that cities implementing intelligent management systems demonstrate 25-40% higher efficiency indicators compared to traditional approaches. Of particular value are the Internet of Things technologies, which allow real-time monitoring of the condition of critical facilities, and predictive analytics, which can prevent up to 80% of potential accidents. However, the digitalization process faces a complex of interrelated challenges, from insufficient funding to resistance to organizational change. In this article, we will analyze in detail both the technological aspects of digital transformation and the practical barriers that municipalities face when implementing smart projects.

Keywords: digital transformation, smart city, BIM modeling, Internet of things, big data, urban infrastructure.

Современные мегаполисы столкнулись с беспрецедентными вызовами, связанными с ростом населения, старением инфраструктуры и ужесточением экологических требований. В этих условиях цифровая трансформация городского хозяйства перестала быть инновацией и превратилась в насущную необходимость. Последние исследования Всемирного банка показывают, что города, внедряющие интеллектуальные системы управления, демонстрируют на

25-40% более высокие показатели эффективности по сравнению с традиционными подходами. Особую ценность представляют технологии интернета вещей, позволяющие в режиме реального времени отслеживать состояние критически важных объектов, и предиктивная аналитика, способная предотвращать до 80% потенциальных аварий. Однако процесс цифровизации сталкивается с комплексом взаимосвязанных проблем – от недостаточного финансирования до сопротивления организационным изменениям. В данной статье мы детально проанализируем как технологические аспекты цифровой трансформации, так и практические барьеры, с которыми сталкиваются

BIM-моделирование в городской инфраструктуре

Информационное моделирование зданий (BIM) революционизирует подходы к проектированию и эксплуатации городских объектов. В отличие от традиционных 2D-чертежей, BIM создает цифровые двойники зданий, содержащие всю информацию об объекте на протяжении всего жизненного цикла. Сингапурский опыт внедрения этой технологии показал впечатляющие результаты: сроки согласования проектов сократились с 12 до 8 недель, а количество ошибок на стадии строительства уменьшилось на 40%. Особенно ценным оказалось использование BIM для управления исторической застройкой, где технология позволила точно прогнозировать нагрузку на несущие конструкции при реконструкции. По данным Autodesk, инвестиции в BIM окупаются в среднем за 2,5 года за счет сокращения переделок и оптимизации эксплуатационных расходов.

IoT-мониторинг городских систем

Интернет вещей создает принципиально новые возможности для управления городской инфраструктурой. В Берлине развернута сеть из 50 000 интеллектуальных датчиков, которые ежесекундно фиксируют параметры работы коммунальных систем. Эта система позволила сократить количество аварий на теплосетях на 25%, а время их устранения – с 8 до 3 часов. Особого внимания заслуживает опыт использования IoT-сенсоров для мониторинга мостовых конструкций. В реальном времени отслеживаются малейшие изменения в напряжении металлоконструкций, что позволило перейти от плановых к фактически необходимым ремонтам. По расчетам Siemens, подобные решения снижают затраты на содержание инфраструктуры на 18-22% ежегодно.

Аналитика больших данных

Применение технологий big data в городском управлении открывает новые перспективы для оптимизации всех сфер городской жизни. В Нью-Йорке комплексная система анализа транспортных потоков, обрабатывающая данные с 10 000 камер наблюдения и 2 000 датчиков движения, позволила сократить время реагирования на аварии на 28%. Аналитический центр города ежедневно обрабатывает более 5 петабайт данных, выявляя закономерности и прогнозируя проблемные ситуации. В Барселоне система анализа энергопотребления муниципальных зданий сэкономила 750 000 евро за первый год эксплуатации. Особенно перспективным направлением является предиктивная аналитика, позволяющая с точностью до 85% предсказывать возникновение аварийных ситуаций в коммунальном хозяйстве.

Опыт цифровой трансформации в Москве

Столица России демонстрирует впечатляющие результаты внедрения цифровых технологий. Центр организации дорожного движения обрабатывает данные с 10 000 камер и 5 000 датчиков, что позволило сократить заторы на 25% в часы пик. Интеллектуальная система управления светофорами анализирует транспортные потоки и адаптирует режимы работы перекрестков с точностью до 92%. Особенно показателен опыт использования big data для управления коммунальным хозяйством. Анализ показаний 150 000 smart-счетчиков выявил 1 200 случаев несанкционированного подключения к сетям, что принесло бюджету дополнительно 180 млн рублей за год. Однако реализация этих проектов столкнулась с серьезными трудностями, включая необходимость интеграции 17 различных информационных систем и обучение 3 500 муниципальных служащих.

Барьеры внедрения

Основным препятствием для цифровой трансформации городов остается вопрос финансирования. По оценкам PwC, минимальный бюджет для внедрения базовых smart-

решений в городе-миллионнике составляет 3-5 млн долларов, при сроке окупаемости 4-7 лет. Технические сложности проявляются в необходимости одновременной работы с устаревшими SCADA-системами и современными IoT-платформами, что требует значительных ресурсов на интеграцию. Кибербезопасность представляет отдельную проблему – в 2023 году было зафиксировано 127 успешных атак на городские системы по всему миру. Кадровый дефицит оценивается в 35-40% для специалистов по работе с большими данными и предиктивной аналитикой. Организационное сопротивление изменениям и бюрократические барьеры часто становятся не менее серьезным препятствием, чем технологические вызовы.

Цифровая трансформация городской инфраструктуры доказала свою эффективность в решении ключевых проблем современных мегаполисов. Внедрение BIM-технологий, IoT-систем и аналитики больших данных позволяет городам достигать значительного повышения эффективности управления – от 25% до 40% по различным показателям. Однако успешная реализация smart-проектов требует комплексного подхода, учитывающего не только технологические аспекты, но и организационные, финансовые и кадровые вопросы. Перспективными направлениями развития являются создание цифровых двойников городов, внедрение технологий искусственного интеллекта для прогнозной аналитики и развитие единых стандартов кибербезопасности. Для преодоления существующих барьеров необходима разработка государственных программ поддержки, создание центров компетенций и укрепление международного сотрудничества в области smart-технологий.

Список литературы

1. Бердяев Н.А. Смысл истории. – М.: Мысль, 1990. – 175 с.
2. Ефимова Т.Н., Кусакин А.В. Охрана и рациональное использование болот в Республике Марий Эл // Проблемы региональной экологии. – 2007. – № 1. – С. 80–86.
3. Нейропсихология: учебное пособие / Ю.Д. Омская, И.А. Уфимова, А.А. Александрова [и др.]. Москва: Спутник, 1995. 221 с.

Разумова А.И.
аспирант,
Юго-Западный государственный университет,
Россия, Курск
belkarazym@mail.ru

СТАЦИОНАРНЫЕ РЕЖИМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Аннотация. Метрологическое обеспечение предприятия играет важную роль в общей структуре управления организации. Основной целью является удовлетворение потребителя. В данной работе представлена обобщенная графическая модель системы метрологического обеспечения. рассматриваются блоки работ: – «Планировать и определять требования к измерениям, испытаниям, контролю с целью достижения желаемого уровня производительности и качества при производстве продукции», – «Проектировать и разрабатывать процессы измерений», – «Выполнять метрологическое подтверждение пригодности элементов МОИ», – «Анализировать состояние метрологического обеспечения объектов», – «Принять решение о совершенствовании системы МОИ», – «Оценить удовлетворенность потребителя». Рассмотрены примеры с различной вероятностью выполнения событий.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, системы, измерения.

Razumova A.I.
Postgraduate Student
Southwestern State University
Russia, Kursk
belkarazym@mail.ru

STATIONARY MODES OF OPERATION OF THE METROLOGICAL MEASUREMENT SUPPORT SYSTEM

Abstact. Metrological support of the enterprise plays an important role in the overall management structure of the organization. The main goal is customer satisfaction. This paper presents a generalized graphical model of the metrological support system. The following work blocks are considered: – «Plan and define requirements for measurements, tests, and control in order to achieve the desired level of productivity and quality in the production of products», – «Design and develop measurement processes», – «Perform metrological confirmation of the suitability of control elements», – «Analyze the state of metrological facilities», – «Adopt the decision to improve the system is MINE,» – «To assess customer satisfaction.» Examples with different probability of events are considered.

Keywords: metrological support, systems, measurements.

Метрологическое обеспечение предприятия играет важную роль в общей структуре управления организации. Основной целью является удовлетворение потребителя.

Актуальной задачей является прогнозирование удовлетворённости потребителя с течением времени при принятой модели системы метрологического обеспечения.

Обобщенная графическая модель системы метрологического обеспечения в нотации *IDEF*3, представлена на рисунке, в которой не указаны типы перекрестков J_2, J_3 и J_5. Как и в статье [3] рассматриваются блоки работ: W_1 – «Планировать и определять требования к измерениям, испытаниям, контролю с целью достижения желаемого уровня производительности и качества при производстве продукции», W_2 – «Проектировать и разрабатывать процессы измерений», W_3 – «Выполнять метрологическое подтверждение пригодности элементов МОИ», W_4 – «Анализировать состояние метрологического обеспечения объектов», W_5 – «Принять решение о совершенствовании системы МОИ», $W_{\text{уд}}$ – «Оценить удовлетворенность потребителя». Все составляющие модели, входящие в зависимости, представленные далее (табл. 1), отражены на рисунке.

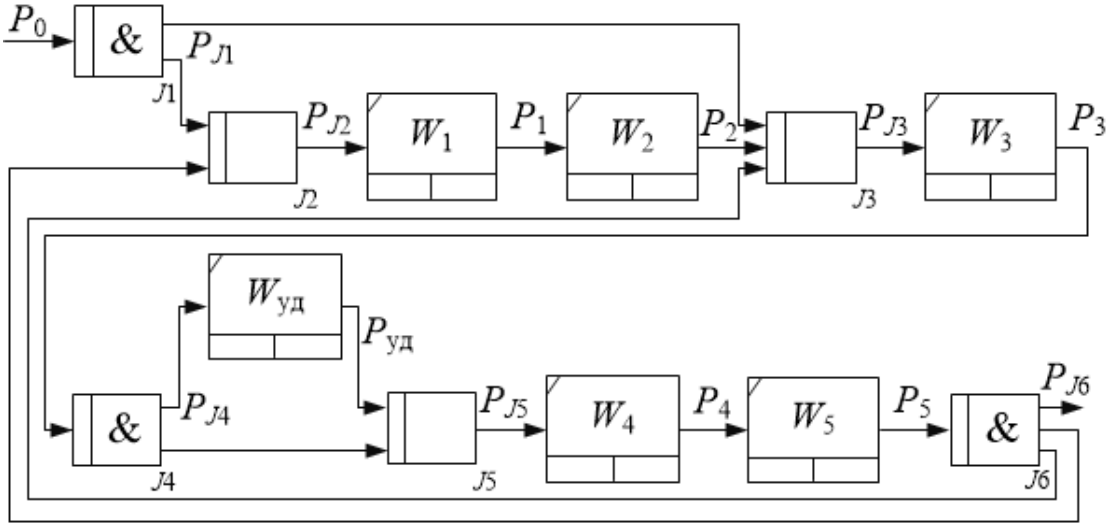


Рис. Обобщенная графическая модель

Таблица 1

Выражения для расчета вероятностей на выходах из блоков работ

№	Типы перекрест-ков	Выражения для расчета вероятностей
1	$J_2 - O$, $J_3 - O$, $J_5 - \&$	$(1-(1-P_0)\big(1-(1-P_0)(1-P_5)\big)P_{W1}P_{W2})(1-P_5))^2 P_{W3}^2 P_{W\text{уд}} P_{W4} P_{W5} - P_5 = 0$; $P_1 = (1-(1-P_0)(1-P_5))P_{W1}$; $P_2 = P_1 P_{W2}$; $P_3 = (1-(1-P_0)(1-P_2)(1-P_5))P_{W3}$; $P_{\text{уд}} = P_3 P_{W\text{уд}}$; $P_4 = P_{\text{уд}} P_3 P_{W4}$
2	$J_2 - \&$, $J_3 - O$, $J_5 - \&$	$(1-(1-P_0)(-P_0 P_5 P_{W1} PW_{W2}+1)(1-P_5))^2 P_{W3}{}^2 P_{W_{УД}}$; $P_{W4} P_{W5} - P_5 = 0$ $P_1 = P_0 P_5 P_{W1}$; $P_2 = P_1 P_{W2}$; $P_3 = (1-(1-P_0)(1-P_2)(1-P_5))P_{W3}$; $P_{\text{уд}} = P_3 P_{W\text{уд}}$; $P_4 = P_{\text{уд}} P_3 P_{W4}$
3	$J_2 - \&$, $J_3 - \&$, $J_5 - \&$	$P_0{}^4 P_5{}^4 P_{W1}{}^2 P_{W2}{}^2 P_{W3}{}^2 P_{W_{УД}} P_{W4} P_{W5} - P_5 = 0$; $P_1 = P_0 P_5 P_{W1}$; $P_2 = P_1 P_{W2}$; $P_3 = P_0 P_2 P_5 P_{W3}$; $P_{\text{уд}} = P_3 P_{W\text{уд}}$; $P_4 = P_{\text{уд}} P_3 P_{W4}$
4	$J_2 - O$, $J_3 - O$, $J_5 - O$	$-(P_{W1}P_{W2}(P_0-1)P_5+1-P_{W1}P_{W2}(P_0-1))^2 P_{W5}P_{W4}$ $((P_0-1)P_5-P_0)^2 P_{W_{УД}} P_{W3}{}^2 - (P_{W_{УД}}+1)(P_{W1}P_{W2}(P_0-1)P_5+$ $+1-P_{W1}P_{W2}(P_0-1)P_{W5}P_{W4}((P_0-1)P_5-P_0)P_{W3}-P_5=0$ $P_1 = (1-(1-P_0)(1-P_5))P_{W1}$; $P_2 = P_1 P_{W2}$; $P_3 = (1-(1-P_0)(1-P_2)(1-P_5))P_{W3}$; $P_{\text{уд}} = P_3 P_{W\text{уд}}$; $P_4 = (1-(1-P_3)(1-P_{\text{уд}}))P_{W4}$

Для сочетания перекрестков № 3 ($J_2 - \&$, $J_3 - \&$, $J_5 - \&$) существуют два решения уравнения для P_5, $P_5 = 1$ и $P_5 = 0$. Соответственно и остальные значения вероятностей также будут принимать такие же значения $P_i = P_{\text{уд}} = 1$ и $P_i = P_{\text{уд}} = 0$, $i = 1...4$.

Для остальных сочетаний перекрестков результаты в табл. 2.

Таблица 2

Значения вероятностей на выходах из блоков работ

№	Типы перекрестков	P_1	P_2	P_3	$P_{\text{уд}}$	P_4	P_5
$P_0 = P_{W\text{УД}} = P_{W1} = P_{W2} = P_{W3} = P_{W4} = P_{W5} = 0.999$							
1	J_2 – O, J_3 – O, J_5 – &	0.999	0.998	0.999	0.998	0.996	0.995
$P_0 = P_{W\text{УД}} = P_{W1} = P_{W2} = P_{W3} = P_{W4} = P_{W5} = 0.99$							
1	J_2 – O, J_3 – O, J_5 – &	0.990	0.980	0.990	0.980	0.961	0.951
$P_0 = P_{W\text{УД}} = P_{W1} = P_{W2} = P_{W3} = P_{W4} = P_{W5} = 0.9$							

Окончание таблицы 2

№	Типы перекрестков	P_1	P_2	P_3	$P_{уд}$	P_4	P_5
1	J_2 – О, J_3 – О, J_5 – &	0.862	0.776	0.892	0.802	0.644	0.579
$P_0 = P_{WУД} = P_{W1} = P_{W2} = P_{W3} = P_{W4} = P_{W5} = 0.999$							
2	J_2 – &, J_3 – О, J_5 – &	0.993	0.992	0.999	0.998	0.996	0.995
$P_0 = P_{WУД} = P_{W1} = P_{W2} = P_{W3} = P_{W4} = P_{W5} = 0.99$							
2	J_2 – &, J_3 – О, J_5 – &	0.932	0.923	0.990	0.980	0.961	0.951
$P_0 = P_{WУД} = P_{W1} = P_{W2} = P_{W3} = P_{W4} = P_{W5} = 0.9$							
2	J_2 – &, J_3 – О, J_5 – &	0.454	0.408	0.877	0.789	0.622	0.560
$P_0 = P_{WУД} = P_{W1} = P_{W2} = P_{W3} = P_{W4} = P_{W5} = 0.999$							
4	J_2 – О, J_3 – О, J_5 – О	0.999	0.998	0.999	0.998	0.999	0.998
$P_0 = P_{WУД} = P_{W1} = P_{W2} = P_{W3} = P_{W4} = P_{W5} = 0.99$							
4	J_2 – О, J_3 – О, J_5 – О	0.990	0.980	0.990	0.980	0.990	0.980
$P_0 = P_{WУД} = P_{W1} = P_{W2} = P_{W3} = P_{W4} = P_{W5} = 0.9$							
4	J_2 – О, J_3 – О, J_5 – О	0.881	0.793	0.896	0.807	0.882	0.794

Таким образом можно сделать вывод, что наличие перекрестков типа «И» негативно влияет на поведение модели метрологического обеспечение, следовательно, при разработке функциональной модели следует стремиться при возможности выбора перекрестков ориентироваться на перекрестки со значением «ИЛИ».

Список литературы

1. Ивахненко А.Г., Аникеева О.В., Гуляев К.А., Разумова А.И. Обзор и сравнительный анализ математических моделей метрологического обеспечения предприятий // Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2024. Вып. 1. С. 308-318.

2. Ивахненко А.Г., Аникеева О.В., Исламова О.В., Разумова А.И., Гуляев К.А. Параметрический анализ структурных моделей взаимодействующих процессов на основе IDEF3 // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2024. Т. 22. № 3. С. 131-139.

3. Ивахненко А.Г., Аникеева О.В., Исламова О.В., Разумова А.И., Гуляев К.А. Имитационное моделирование системы метрологического обеспечения предприятий // Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2024. № 7. С. 76-81.

Акулов Н.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва,
nik.akulov07@mail.ru
Нарышкин Р.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва,
naryshkin04@bk.ru
Савостикова О.Г.
старший преподаватель «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва,
ogsavostik@mail.ru

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ DATA-DRIVEN QUALITY MANAGEMENT

Аннотация. Данная статья посвящена анализу использования больших данных (Big Data) в управлении качеством (Data-Driven Quality Management). Рассматриваются ключевые аспекты сбора, обработки и анализа данных для повышения эффективности производственных процессов, прогнозирования возможных проблем и улучшения качества продукции и услуг. Особое внимание уделено практическим примерам применения Big Data в различных отраслях, таких как производство, логистика и сервисная деятельность. Подчеркивается важность внедрения Data-Driven подходов для обеспечения конкурентоспособности компаний в условиях динамично изменяющегося рынка.

Ключевые слова: Data-Driven, в менеджменте, дизайне, маркетинге, принципы и преимущества Data-Driven Quality Management.

Akulov N.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow,
xeboor@gmail.com
Naryshkin R.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow,
veronikaallagulova06@mail.ru
Savostikova O.G.
Senior Lecturer of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow,
ogsavostik@mail.ru

DATA-DRIVEN QUALITY MANAGEMENT

Abstact. This article is devoted to the analysis of the use of big data in quality management (Data-Driven Quality Management). The key aspects of data collection, processing and analysis are considered to improve the efficiency of production processes, predict possible problems and improve the quality of products and services. Special attention is paid to practical examples of the use of Big Data in various industries such as manufacturing, logistics and service activities. The importance of implementing Data-Driven approaches to ensure the competitiveness of companies in a dynamically changing market is emphasized.

Keywords: Data-Driven, in management, design, marketing, principles and advantages of Data-Driven Quality Management.

Актуальность темы связана с тем, что современные организации сталкиваются с необходимостью постоянного совершенствования своих продуктов и услуг для поддержания конкурентоспособности на рынке. В условиях быстро меняющейся внешней среды традиционные методы управления качеством часто оказываются недостаточными. Использование данных и их всесторонний анализ позволяют компаниям принимать более обоснованные решения, минимизировать риски и повысить эффективность производственных процессов. Управление качеством на основе данных становится ключевым элементом стратегического развития компаний, стремящихся к лидерству в своей отрасли. Это направление активно развивается благодаря широкому внедрению цифровых технологий, автоматизации и аналитических инструментов. Данные становятся не просто информацией о прошлом, но мощным ресурсом для прогнозирования будущих тенденций и оптимизации текущих операций.

Что такое Data Driven:

Data Driven (дословно – «управляемый данными») – это подход к управлению, основанный на данных. Его главный постулат: решения нужно принимать, опираясь на анализ цифр, а не интуицию и личный опыт.

Data Driven применяют в разных областях бизнеса и науки. Мы рассмотрим, как подход используется в digital: маркетинге, дизайне и менеджменте.

Принципы подхода:

1. Готовность к инвестициям: необходимо извлекать, хранить, анализировать и визуализировать данные, что требует времени и денег.

2. Умение анализировать и интерпретировать: для анализа и построения гипотез нужны специальные знания и опыт.

3. Принятие решений на основе данных: важно собирать и анализировать цифры перед принятием значимых решений.

4. Доверие данным: данные должны быть точными и чистыми для правильной интерпретации.

Принятие решений на основе данных

Принятие решений на основе данных, или Data Driven Decision, стало популярным в бизнесе с 90-х годов. Этот подход предполагает понимание данных и умение строить прогнозы на их основе, чтобы осознать последствия решений, необходимые изменения и ожидаемые результаты. Использование фактических данных становится ключевым в управленческих решениях.

Как подход работает на практике

В первую очередь нужно определить бизнес-цель на текущем этапе, например, это может быть рост прибыли или доли на рынке. Второй шаг – обозначить стадии и промежуточные цели, достижение которых определяется метриками. Достижение метрики говорит о том, что компания движется в правильном направлении.

К примеру, рост прибыли можно оценить по количеству новых клиентов, среднему показателю оттока клиентов, размеру среднего чека, количеству повторных продаж, проценту конверсии и показателю маржинальности.

Важно, чтобы цели были достижимы, а метрики грамотно подобраны:

−Метрика должна выражаться в относительных показателях. Например, измерять скорость удобнее всего в километрах в час, то есть скорость – это пройденное расстояние относительно времени.

−Метрика должна быть сравнительной – это значит, что вы должны иметь возможность сравнить показатели с предыдущим периодом.

−Их не должно быть много: по 3−5 на этап.

Популярные метрики для оценки бизнеса: уровень удовлетворенности клиента, вовлеченности сотрудников, объем прибыли до вычета расходов и т.д.

Еще один важный момент, который необходимо учитывать, – поведенческая психология руководителей, те моменты, когда интерпретация данных подстраивается под личные приоритеты менеджера.

Data Driven в менеджменте:

Data Driven Management – управление бизнесом на основе объективных, фактических данных.

Подход открывает перед управленцами широкие возможности:

–Сокращение маркетинговых издержек. Анализ рекламных кампаний направлен на то, чтобы они были эффективнее: тратить по минимуму, чтобы зарабатывать по максимуму.

–Повышение эффективности инвестиций. Данные могут рассказать, как привлечь новую аудиторию, повысить качество пользовательского опыта и пр.

–Рост клиентоориентированности. Детальный анализ данных помогает понять предпочтения целевой аудитории, выстроить персональные коммуникации с клиентом, отслеживать отзывы.

–Оперативное реагирование на изменения рынка. Отслеживание данных в реальном времени позволяет принимать решения практически молниеносно.

Результат – рост прибыли.

Data Driven используют крупнейшие компании мира: Intel, Google, Chevron. В России, например, «Сбербанк». В банке с каждым годом растет количество решений, принятых на основе анализа данных. В качестве ключевого подхода к моделированию «Сбербанк» использует CRISP – Cross Industries Standard Process по Data Mining – межотраслевой стандарт извлечения данных.

Data Driven в дизайне:

Data Driven Design – проектирование продуктов на основе данных, полученных с помощью тестов, исследований, проверки гипотез.

Раньше предполагалось, что дизайнер принимает решения на основе собственного вкуса и опыта, однако сейчас этого недостаточно. Работа в digital оценивается по KPI (Key Performance Indicators) и, чтобы их достичь, необходимо уметь прогнозировать, а значит анализировать.

Преимущества подхода

Для дизайнера. Меньше необоснованных правок и споров, исключается элемент вкусовщины.

Для заказчика. Нет действий, сделанных наугад, все решения обоснованы.

При таком подходе подрядчик и заказчик концентрируют свои усилия, чтобы сделать сервис удобным пользователям, а не удовлетворять чьи-либо амбиции.

Новый уровень требований привел к тому, что профессия дизайнера распалась на несколько самостоятельных единиц – теперь над проектами работают целые дизайн-команды: UI-дизайнер, UX-проектировщик, дизайнер анимации, аналитики и арт-директор. Также подключаются специалисты по Big Data (data scientist).

Data Driven Design – это постоянные циклы улучшений, но здесь есть риск погрязнуть в данных и уделить излишнее внимание мелочам.

Такое явление получило название датацентризм.

Например, в 2009 году из-за подобного подхода из Google уволился ведущий дизайнер.

Дуглас Боумен бывший креативный директор Twitter, был ведущим дизайнером в Google:

«Да, это правда, что команда в Google не могла выбрать между двумя вариантами синего, поэтому они тестируют 41 оттенок, чтобы увидеть, какой из них лучше работает. Недавно у меня была дискуссия о том, должна ли граница быть шириной 3, 4 или 5 пикселей, и меня попросили доказать свою правоту. Я не могу действовать в такой обстановке. Я уже устал обсуждать такие незначительные дизайнерские решения. В этом мире есть более захватывающие проблемы дизайна, которые требуют решения.»

Data Driven в маркетинге:

Новая концепция Data-driven маркетинга опирается на старую поговорку: «Невозможно управлять тем, что нельзя измерить». В Data driven бизнесе измерить можно и нужно все. В первую очередь это касается маркетинговой аналитики: релевантная информация о клиентах необходима для выстраивания персонализированных и действенных таргет-кампаний.

Еще в 2013 году 74% онлайн-потребителей заявляли, что разочаровываются в сайтах, на которых появляется контент, не соответствующий их интересам. 50% посетителей сайта просто покинут платформу, увидев такой контент. Чтобы оставаться конкурентоспособными

при таких условиях рынка, предприятиям необходимо сосредоточиться на анализе и применении данных в своих маркетинговых кампаниях.

Data Driven маркетинг позволяет персонализировать взаимодействие с клиентом, что необходимо в условиях постоянно растущей конкуренции. Сегодня персонализированный маркетинг выходит далеко за рамки именных приветствий по электронной почте. Он определяет, что, как и когда видит клиент онлайн. Все всплывающие окна, акции и реклама появляются перед глазами пользователя в наиболее удачный для компании момент. Такие целевые сообщения достигают бóльших результатов, чем общие рассылки, а сегментация рекламных кампаний позволяет получить более высокий ROI. Например, если магазин продает и мужскую, и женскую одежду, ему понадобятся как минимум два набора маркетинговых рассылок. Такая же ситуация с разными точками дистрибьюции − маркетинговая тактика для московской аудитории должна отличаться от кампаний, ориентированных на казанских покупателей. На основе данных и создается оптимальная рабочая схема, удобная для управления и масштабирования

Успех Data Driven маркетинга зависит от точности данных о клиентах. Даже самые простые алгоритмы сбора информации бесполезны, если, если она не будет правильно отражать интересы клиентов и целевой рынок. Следует обращаться к существующей клиентской базе, чтобы сформировать представление о целевой аудитории.

Маркетинг на основе данных – это итеративный процесс, который постоянно развивается и расширяется. В грамотно выстроенном маркетинге процесс анализа и интерпретации данных ведется постоянно. Нельзя оперировать данными пятилетней давности для работы с современной аудиторией сайта. Поэтому важным фактором успеха является управление данными. Оно помогает выстроить процесс регулярного анализа данных о клиентах, оценивать новые возможности маркетинга, а также экономить время и ресурсы команды.

Какие данные собирают:

- Об обслуживании клиентов
- Об удовлетворенности пользователей
- О поведении пользователей на сайте или приложении

Цели:

- Увеличение эффективности.
- Привлечение новых и удержание постоянных клиентов.
- Персонализированный подход к коммуникациям с пользователями.
- Понимание потребностей пользователей с помощью анализа данных.
- Повышение клиентоориентированности.

Data Driven Marketing позволяет:

- Прогнозировать поведение пользователей на основе паттернов.
- Таргетировать предложения, сообщения и контент.
- Определить целевую аудиторию рекламной кампании.
- Повысить эффективность рекламных кампаний.
- Увеличить пожизненную ценность клиента (LTV) за счет повышения количества повторных продаж.
- Оперативно реагировать на изменения рынка.

Метрики:

Чтобы не распыляться, важно отслеживать только самое важное.

Метрики для электронной коммерции:

- Conversion Rate – показатель конверсии, процент пользователей, которые совершили конверсионное действие, например оставили заявки или купили. Позволяет прогнозировать прибыль.
- Cost Per Action – цена за клик, стоимость, которую вы платите за привлечение одного пользователя. Позволяет оценить целесообразность вложений и возврат инвестиций из рекламного канала.
- Shopping Cart Abandonment – «брошенные корзины», количество пользователей, которые бросили оформление заказа на определенном этапе. Позволяет найти узкие места в воронке продаж[1].

Принципы Data-Driven Quality Management:

1. Систематический сбор данных: Организации должны выстраивать систему сбора данных из различных источников, включая производственные процессы, отзывы клиентов и инспекционные отчёты.

2. Анализ данных: Использование аналитических инструментов и методов, таких как машинное обучение и статистический анализ, для выявления закономерностей и аномалий в данных.

3. Принятие решений на основе данных: Руководители должны опираться на результаты анализа, а не на интуитивные предположения, что позволяет минимизировать ошибки и повысить обоснованность принимаемых решений.

4. Непрерывное улучшение: DDQM схож с философией непрерывного улучшения, где организация нацелена на постоянное совершенствование своих процессов на основе аналитики.

Преимущества Data-Driven Quality Management:

1. Улучшение качества продуктов и услуг: На основе данных легче выявлять проблемные области и принимать меры для их устранения.

2. Снижение затрат: Путём оптимизации процессов и исключения неэффективных практик можно сократить издержки, связанные с производственными ошибками и возвратами.

3. Повышение удовлетворённости клиентов: Использование отзывов и предпочтений клиентов позволяет создавать более качественные и востребованные продукты.

4. Лучшее управление рисками: Анализ данных помогает заранее выявлять потенциальные проблемы и минимизировать риски, связанные с качеством.

Таким образом, управление качеством на основе данных становится неотъемлемой частью стратегий многих организаций. DDQM позволяет не только повышать качество продукции и услуг, но и снижать затраты, повышать удовлетворённость клиентов и улучшать конкурентоспособность. Внедрение данной методологии требует инвестиций в технологии и обучение, однако её преимущества делают эти вложения оправданными.

Список литературы

1. Uplab: https://www.uplab.ru/blog/data-driven/
2. ComplianceQuest: https://www.compliancequest.com/cq-guide/data-driven-quality-management/
3. Exor: https://www.exorint.com/exor-innovation-blog/what-is-data-driven-quality-control
4. Хабр: https://habr.com/ru/amp/publications/694690/
5. Astera: https://www.astera.com/ru/type/blog/data-quality-management/

Елескин В.В.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
eleskin.05@mail.ru

ЦИФРОВИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ: МАШИННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РАЙОНОВ МОСКВЫ

Аннотация. В условиях стремительной урбанизации и цифровой трансформации возрастает потребность в инструментах, способных моделировать устойчивое развитие городов. В данной работе представлена концепция цифровой платформы «Biomimic», находящейся на стадии активной разработки. Проект ориентирован на создание интеллектуальной системы, способной обрабатывать и интерпретировать большое количество данных о городской среде Москвы для предоставления персонализированных рекомендаций по выбору района проживания. Платформа разрабатывается на стыке анализа данных, цифрового дизайна, архитекту-

ры баз данных и взаимодействия с пользователем. В статье описаны цели проекта, обоснование значимости, этапы разработки и структура реализуемых компонентов, отражённых в проектной документации, майндмэпах и командных задачах. Особое внимание уделено вопросам пользовательского сценария, вариативности предпочтений горожан и потенциалу дальнейшей интеграции платформы в муниципальные сервисы.

Ключевые слова: цифровизация, машинное обучение, Москва, городская среда, кластеризация, цифровая платформа, благоустроенность.

Yeleskin V.V.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
eleskin.05@mail.ru

DIGITALIZATION OF URBAN ENVIRONMENT QUALITY MANAGEMENT: MACHINE MODELING OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF MOSCOW DISTRICTS

Abstact. In the context of rapid urbanization and digital transformation, the need for tools capable of modeling sustainable urban development is increasing. This paper presents the concept of the Biomimic digital platform, which is under active development. The project is focused on creating an intelligent system capable of processing and interpreting a large amount of data about Moscow's urban environment to provide personalized recommendations on choosing a residential area. The platform is being developed at the intersection of data analysis, digital design, database architecture, and user interaction. The article describes the objectives of the project, the rationale for its significance, the stages of development and the structure of the implemented components, reflected in the project documentation, mindmaps and team tasks. Special attention is paid to the issues of the user scenario, the variability of preferences of citizens and the potential for further integration of the platform into municipal services.

Keywords: digitalization, machine learning, Moscow, urban environment, clusterization, digital platform, landscaping.

Москва – крупнейший мегаполис Европы, где десятки миллионов людей ежедневно взаимодействуют с инфраструктурой, транспортом, экологией и социальной средой. При этом запросы горожан на комфорт, безопасность и доступность различаются в зависимости от образа жизни, социального статуса, возраста. Обычные сервисы подбора жилья опираются лишь на цену и площадь, игнорируя широкий спектр качественных характеристик. Мы создаём платформу, которая с опорой на цифровые технологии и методы анализа данных предложит горожанам способ выбора района, ориентированный на их реальные потребности. Система «Biomimic» задумывается как цифровой помощник, который умеет учитывать десятки параметров городской среды и адаптироваться под разные пользовательские сценарии.

Управление качеством городской среды всё чаще требует интеграции данных из разных источников и персонализированного анализа. Особенно это актуально в контексте формирования устойчивых городов и цифровых платформ для поддержки принятия решений. Проект «Biomimic» реализуется как научно-исследовательская разработка в стенах Московского политехнического университета и ориентирован на применение в реальных условиях. Он сочетает актуальные направления: машинное обучение, человеко-ориентированный интерфейс, экологическую и инфраструктурную аналитику, пространственные визуализации. Потенциал такой платформы – как в поддержке решений для конкретного жителя, так и в аналитике для городского планирования.

Задача проекта – сформировать цифровую среду, в которой каждый пользователь сможет задать свои приоритеты (экология, транспорт, инфраструктура, тишина и др.) и получить рекомендации по выбору района на основе формализованных данных. Система должна: агрегировать актуальные статистические и пространственные данные по Москве; реализовать систему оценки территориального качества на основе разнородных параметров; классифици-

ровать районы на кластеры по степени благоприятности и ценовым характеристикам; предоставить рекомендации с использованием цифрового помощника и визуального интерфейса.

Основные компоненты проекта

Команда работает в шести направлениях: аналитика, ML-разработка, frontend-разработка, backend-разработка, дизайн и тестирование. На текущем этапе реализованы:

Аналитика: сбор статистических данных, построение первичных графиков, анализ ценового распределения, разработка методики оценки территориального благосостояния;

ML-разработка: подготовка архитектуры будущих алгоритмов, формулировка гипотез о сегментации, разработка логики будущего LLM-агента;

Frontend-разработка: верстка прототипа, настройка адаптивности, планирование SEO-оптимизации;

Backend-разработка: развертывание серверной архитектуры на Flask, Docker, настройка взаимодействия с PostgreSQL;

Дизайн: создание персонажа, разработка визуального стиля платформы, моделирование пользовательского пути (user flow);

Тестирование: составление сценариев юнит- и интеграционного тестирования, настройка методологии контроля качества.

Используемые технологии: Python, PostgreSQL, Flask, Docker, HTML, CSS, JS, Figma, Git. Проект основывается на гипотезах:

Москва может быть разделена на устойчивые кластеры, отражающие инфраструктурную, ценовую и экологическую специфику;

Пользовательские приоритеты различаются по районам и зависят от множества факторов;

Цифровой помощник позволит лучше ориентироваться в выборе жилья при ограниченном бюджете и конкретных запросах.

Этап реализации и будущие шаги

Согласно дорожной карте, реализованы ключевые стартовые этапы: сбор данных, построение ERD-модели, архитектура базы, серверное взаимодействие, разработка макета сайта. Подготовлены тексты для сайта и документация к цифровому помощнику. Вторая стадия проекта включает: построение комплексной системы метрик оценки территорий (школы, метро, шум, озеленение, доступность); разработку функционала пользовательского запроса и LLM-агента, реагирующего на формализованные и текстовые критерии; визуализацию кластеров и динамики по районам; подготовку к тестированию MVP и сбору пользовательской обратной связи; создание рекомендаций для развития городской среды на основе агрегированных запросов.

«Biomimic» – это попытка соединить в одном решении городскую аналитику, цифровой интерфейс, пользовательский опыт и перспективу внедрения в реальные сервисы Москвы. Уже сейчас сформирован полноценный фундамент проекта: архитектура, визуальный язык, прототипы и серверная логика. Команда последовательно реализует задачи, включая технические, исследовательские и дизайнерские блоки. Потенциал проекта – в его гибкости и человеко-ориентированности: пользователь сам формирует запрос, а система подстраивается под него. В будущем «Biomimic» может быть интегрирован в муниципальные цифровые платформы, а также адаптирован для других городов.

Список литературы

1. Киселев И.В. Цифровая трансформация городского управления. М.: Урбанистика, 2021.
2. Документация проекта «Biomimic», 2025.
3. Open Data Portal of Moscow. URL: https://data.mos.ru
4. Активный гражданин – официальный портал. URL: https://ag.mos.ru
5. Московский урбанистический форум – материалы и отчёты. URL: https://mosurbanforum.ru
6. Баринов П.С. Оценка транспортной доступности в мегаполисах. Урбанистика, 2020.
7. Власов Н.А. Устойчивое развитие городов России. Социальная политика, 2019.

Веселов Э.Э.
аспирант,
МГТУ «СТАНКИН»,
Россия, Москва
Eduuaarrdd@yandex.ru
Колошкина И.Е.
к.т.н. доцент кафедры автоматизированного проектирования и дизайна,
НИТУ МИСИС,
Росся, Москва
3inna.koloshkina@yandex.ru
Феофанов А.Н.
д.т.н., профессор кафедры инженерная графика,
МГТУ «СТАНКИН»,
Россия, Москва
feofanov.fan1@yandex.ru

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОРРЕКТИРОВКИ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Аннотация. Предложена концепция модуля для корректировки параметров высокоскоростной обработки (ВСО) на станках с ЧПУ с учётом производственного контекста. Архитектура на базе многослойного перцептрона (MLP) обеспечивает адаптацию режимов резания под характеристики оборудования, материала и требований к точности, что способствует повышению стабильности процесса и качества получаемой поверхности. Решение ориентировано на применение в CAM-системах и цифровых двойниках технологической подготовки, снижая риск брака и вариативность результатов при ВСО.

Ключевые слова: высокоскоростная обработка; параметры резания; нейросетевая модель.

Veselov E.E.
Postgraduate Student
MSTU «STANKIN»
Russia, Moscow
Eduuaarrdd@yandex.ru
Koloshkina I.E
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer-Aided Design and Engineering
NUST MISIS
Russia, Moscow
3inna.koloshkina@yandex.ru
Feofanov A.N.
Doctor of Technical Sciences, Professor Department of Engineering Graphics
MSTU «STANKIN»
Russia, Moscow
feofanov.fan@yandex.ru

INTELLIGENT SYSTEM FOR CORRECTING HIGH-SPEED MACHINING PARAMETERS ON CNC MACHINES

Abstact. A concept of a module for correcting high-speed machining (HSM) parameters on CNC machines is proposed, taking into account the production context. The architecture, based on a multilayer perceptron (MLP), enables adaptation of cutting parameters to equipment characteristics, material properties, and accuracy requirements, thereby improving process stability and surface

quality. The solution is intended for integration into CAM systems and digital twins of process planning, reducing the risk of defects and variability in HSM results.

Keywords: high-speed machining; cutting parameters; neural network model; intelligent system.

Цифровизация производства и рост требований к качеству обрабатываемых поверхностей усилили интерес к высокоскоростной обработке (ВСО) на станках с ЧПУ. Этот подход позволяет повысить производительность и точность, однако требует особого внимания к подбору режимов резания.

Несмотря на развитие CAD/CAM/CAPP-систем, расчёт параметров в них по-прежнему основан на универсальных справочниках и эмпирических формулах, что ограничивает их адаптивность. В условиях ВСО такие методы не учитывают индивидуальные особенности оборудования, материала и точностных требований, что снижает стабильность процесса и увеличивает риск брака.

Это формирует запрос на интеллектуальные инструменты, способные уточнять предварительно рассчитанные параметры обработки с учётом производственного контекста и повышать надёжность технологической подготовки.

Как подчёркивается в ряде исследований [1, 2], современные CAM-системы не обладают механизмами, позволяющими учитывать индивидуальные параметры станка, свойства конкретного материала или ограничения по точности и шероховатости. Особенно это актуально в условиях высокоскоростной обработки, где даже незначительные расхождения между расчётными и реальными параметрами могут привести к браку, ускоренному износу инструмента или нестабильной работе оборудования.

На этом фоне растёт интерес к применению интеллектуальных подходов – в частности, искусственных нейронных сетей – для уточнения технологических параметров на основе контекста производственной среды. Такие решения могут снизить зависимость от универсальных справочников, сократить количество итераций ручной настройки и повысить надёжность проектируемых режимов.

Таким образом, разработка интеллектуального модуля, позволяющего уточнять предварительно рассчитанные параметры высокоскоростной обработки с учётом реальных условий производства, представляется важной задачей в рамках развития интеллектуальных CAM-систем и цифровых двойников технологических процессов.

На основе проведённого анализа формулируется задача разработки интеллектуального модуля, адаптирующего режимы высокоскоростной обработки (ВСО) к реальным условиям производственного участка. В отличие от решений, ориентированных на подбор параметров в условиях классической обработки, предлагаемый подход фокусируется именно на корректировке заранее рассчитанных режимов, с учётом особенностей ВСФ: повышенных скоростей, тепловых нагрузок, вибрационной чувствительности и жёстких требований к траектории инструмента.

Разрабатываемая система должна:

- принимать на вход параметры, полученные из CAM-систем или вручную (скорость резания, подача, глубина и т.д.);
- учитывать контекст обработки:
  - характеристики станка (модель, жёсткость, максимальные обороты, виброустойчивость),
  - свойства материала (твёрдость, теплопроводность, склонность к наростам),
  - требования к шероховатости и точности;
- корректировать параметры на основе обученной нейросетевой модели;
- выдавать адаптированные значения, пригодные для CAM-систем или цифровых двойников.

Таким образом, создаётся автономный интеллектуальный модуль – «контекстный корректировщик», призванный снизить риск ошибок, уменьшить нагрузку на технолога и повысить надёжность параметров ВСО в рамках цифровой подготовки производства.

Архитектура интеллектуального модуля корректировки режимов всо

Предлагается концепция интеллектуального модуля, предназначенного для корректировки параметров высокоскоростной фрезерной обработки (ВСФ) с учётом производственного контекста. Предполагается, что модуль будет функционировать как внешнее программное средство, интегрируемое с CAM-системами или цифровыми двойниками.

На рисунке представлена концептуальная структура предлагаемого интеллектуального модуля. На вход подаются предварительно рассчитанные параметры обработки и производственный контекст, включающий характеристики оборудования, материала и требования к точности. Эти данные преобразуются в вектор признаков и поступают в нейросетевую модель, выполняющую интеллектуальную корректировку режимов резания. На выходе формируются адаптированные параметры высокоскоростной обработки, учитывающие реальные ограничения производственной среды.

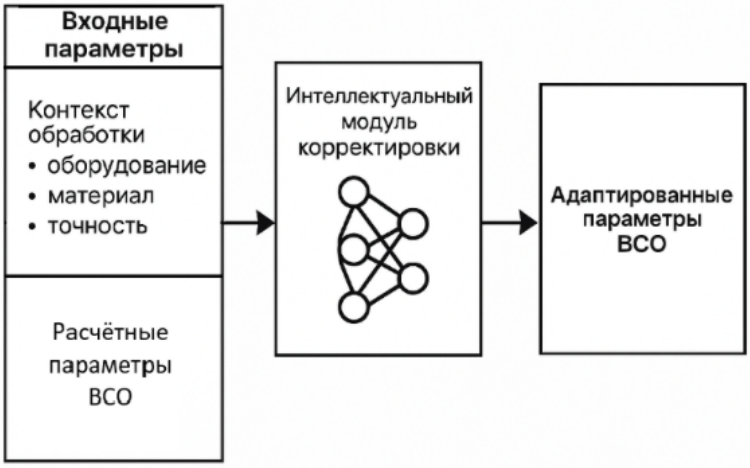


Рис. Архитектура интеллектуального модуля корректировки параметров ВСО

Разрабатываемая система оперирует двумя основными группами входных данных:

1. Контекст обработки:

• Оборудование: тип станка, предельные обороты и мощность, жёсткость, виброустойчивость;

• Материал: марка, твёрдость (HB, HRC), теплопроводность, склонность к наростам;

• Точность: допуск, шероховатость (Ra, Rz), квалитет, тип конструктивного элемента.

2. Параметры резания:

• скорость резания, подача на зуб, глубина и ширина обработки, параметры траектории, толщина стружки, характеристики инструмента. На данном этапе расчёт должен производиться по отношению к одному конструктивному элементу, что упрощает постановку задачи и позволяет формализовать входные требования.

Исходные данные могут быть получены из CAM-систем, справочников или введены вручную. На начальном этапе расчёт предполагается для одного конструктивного элемента, что упрощает задачу и позволяет формализовать входные требования.

В качестве архитектурной основы предлагается использовать многослойный перцептрон (MLP), как наиболее подходящий для регрессионных задач с числовыми входными параметрами. MLP обеспечивает хорошую интерпретируемость, устойчивость на ограниченных выборках и не требует сложного представления данных.

Преимущества выбора MLP:

• высокая эффективность при работе с табличными инженерными данными;

• возможность выявления нелинейных зависимостей между параметрами;

• упрощённая структура модели, не требующая представления данных в виде графов;

• стабильное поведение на небольших и средних выборках.

Альтернативные архитектуры, такие как графовые нейросети (GNN), обладают преимуществами при работе с данными, имеющими выраженную топологию. Однако на этапе пер-

вичной реализации их использование представляется избыточным. Выбор MLP на данном этапе обеспечивает рациональный баланс между функциональностью, интерпретируемостью и возможностью практической реализации в условиях ограниченного объёма данных.

Таблица

Сравнительная оценка возможных архитектур

Архитектура	Назначение	Преимущества	Ограничения
MLP	Регрессия на числовых данных	Простота, высокая интерпретируемость	Не учитывает топологические взаимосвязи
GNN	Обработка графовых структур	Учёт связей между сущностями	Требует графового представления данных
RNN/LSTM	Последовательные данные	Учёт временных зависимостей	Нецелесообразны в статичных задачах
Ансамбли модели	Гибридные задачи	Повышенная точность, устойчивость	Сложная настройка, ресурсозатратность

Выходные данные модуля:

- уточнённые значения скорости резания, подачи, глубины, радиуса траектории, параметров трихоиды;
- рекомендации или предупреждения (например, превышение мощности станка);
- экспорт результатов в форматах CSV, JSON, XML, либо интеграция с CAM-системами.

Практическая значимость

В отличие от традиционных CAM-систем, основанных на универсальных данных, модуль сможет использовать нейросетевую модель для адаптации параметров под характеристики оборудования, материала и требования к качеству.

Научная и практическая значимость заключается в:

- формализованном объединении контекстных и расчётных данных в единый вектор признаков для нейросетевой обработки;
- использовании нейросети именно для корректировки существующих режимов, что обеспечивает совместимость с CAM-системами и цифровыми двойниками;
- учёте особенностей ВСФ – чувствительности к вибрациям, тепловой нагрузке и критичности точности.

Предложенный подход может стать основой для интеллектуальных модулей в системах цифровой подготовки производства.

На этапе внедрения модуль может функционировать автономно либо как дополнение к CAM-системе, обеспечивая форматированный вывод параметров и предупреждений.

Разработана концепция интеллектуального модуля для корректировки параметров высокоскоростной обработки с учётом производственного контекста. Предложенное решение направлено на повышение стабильности процесса и качества обработки, а также на снижение количества ручных итераций при настройке режимов. Архитектура модуля ориентирована на интеграцию в цифровую подготовку производства и может быть расширена для работы с более сложными технологическими задачами.

Список литературы

1. Рябинин А. А. Модуль интеллектуальной обработки CAM-системы // КиберЛенинка. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/modul-intellektualnoy-obrabotki-cam-sistemy (дата обращения: 16.04.2025).

2. Ковалевский С. И. Нейросети в управлении точностью обработки резанием// ResearchGate. – URL: https://www.researchgate.net/publication/279333740_Nejroseti_v_upravlenii_tocnostu_obrabotki_rezaniem (дата обращения: 16.04.2025).

Герасимов И.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
gerLink03@mail.ru
Рубо А.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
rubotolian2999@gmail.com

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы, связанные с внедрением цифровых инструментов управления в контексте урбанизации и устойчивого развития. Актуальность исследования определяется необходимостью достижения баланса между расширением городов, рациональным использованием ресурсов и сохранением экологических и социальных стандартов. В статье анализируются ключевые проблемы, возникающие при внедрении цифровых технологий: технологические (уязвимость к кибератакам, зависимость от качества данных, высокое потребление ресурсов) и социальные (нарушение гражданских прав, предвзятость алгоритмов, сегрегация из-за неравномерного доступа к технологиям). Особое внимание уделяется анализу зарубежных кейсов, таких как система Skynet в Китае, случаи дискриминации мигрантов алгоритмами и проблемы цифрового неравенства в Мадриде. Исследование показывает, что, несмотря на значительный потенциал цифровых инструментов, их внедрение требует тщательного планирования и учета многомерных рисков с целью минимизации возможных негативных последствий.

Ключевые слова: цифровые инструменты управления, устойчивое развитие.

Gerasimov I.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
gerLink03@mail.ru
Rubo A.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
rubotolian2999@gmail.com

PROBLEMS OF USING DIGITAL TOOLS FOR MANAGING SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE URBAN ENVIRONMENT

Abstact. The article discusses the challenges associated with the introduction of digital management tools in the context of urbanization and sustainable development. The relevance of the study is determined by the need to achieve a balance between urban expansion, rational use of resources and the preservation of environmental and social standards. The paper analyzes the key problems that arise during the introduction of digital technologies: technological (vulnerability to cyber attacks, dependence on data quality, high resource consumption) and social (violation of civil rights, algorithm bias, segregation due to uneven access to technology). Special attention is paid to the analysis of foreign cases, such as the Skynet system in China, cases of discrimination against migrants by algorithms and the problems of digital inequality in Madrid. The study shows that, de-

spite the significant potential of digital tools, their implementation requires careful planning and consideration of multidimensional risks in order to minimize possible negative consequences.

Keywords: Digital management tools, sustainable development.

В современном мире существуют две глобальных тенденции: урбанизация и устойчивое развитие. С одной стороны, необходимость расширения городов требует использования ресурсов в больших количествах за короткий промежуток времени. С другой стороны, ЦУР предполагают, среди прочего, сохранение экологии и использование возобновляемых природных ресурсов. В таких условиях уже имеющиеся способы управления так или иначе обречены на провал.

Актуальность данной темы обусловлена необходимостью установить баланс между урбанизацией и курсом на устойчивое развитие современного общества во всех его сферах. При этом, чем сильнее расширяются города, тем сложнее становится контролировать их развитие. Вот почему в последние года необходимость внедрения цифровых инструментов управления неуклонно возрастает – постоянно развивающиеся технологии помогут рационализировать использование ресурсов, сохраняя при этом качество жизни горожан.

Однако внедрение инновационных методов часто сопряжен с различными вызовами. И именно изучение сложностей, связанных с использованием в городской среде цифровых элементов управления, стало основной задачей при написании данной статьи.

Первый тип проблем – технологические проблемы – будет возникать сразу на этапе внедрения и время от времени проявляться в течение всей работы системы. К ним относятся:

- Уязвимость к кибератакам

Развитие технологий порождает не только новые технологии, но и новые способы эксплуатировать уязвимости. Наличие таковых в инструментах управления городом потенциально может вылиться в огромный ущерб для жителей города, как это было во Флориде в 2021 году. В 2021 году во Флориде хакеры, взломав систему водоснабжения, пытались изменить состав питьевой воды. [1]

- Зависимость от качества данных

Данные, на основе которых работают цифровые инструменты, должны все время обновляться и дополняться.

- Высокое потребление ресурсов

Несмотря на то, что такие инструменты призваны сделать использование ресурсов оптимальнее, они сами потребляют их в большом количестве. «Дата-центры для городских ИИ-систем потребляют 2.3-4.1% всего электричества мегаполиса (n=32 городов), что эквивалентно выбросам 1.2-2.7 млн тонн CO_2 ежегодно» [2]

Впрочем, это не единственные риски, которые несет в себе массовая цифровизация управления устойчивым развитием. Немаловажным является и социальный аспект. Например, существующая в Китае система Skynet, хоть и обеспечивает почти абсолютный уровень общественной безопасности, тоже далеко не совершенна – постоянное наблюдение может нарушать гражданские права горожан, поэтому важно следить за соответствием таких инструментов текущему законодательству. Отдельного внимания заслуживают случаи предвзятости алгоритмов, например к людям определенной расы или мигрантам: «В ходе анализа 15 000 решений ИИ-системы распределения жилья в китайских городах обнаружена систематическая дискриминация мигрантов ($p < 0.01$), даже после контроля экономических факторов» [3]. Это же касается и случаев сегрегации, вызванных неравномерным доступом к цифровым технологиям: «Выбор Мадрида в качестве города для исследования обусловлен тем, что это одна из самых неравных столиц во всей Европе (Leal и Sorando, 2016) из-за углубления сегрегации в городе, которая ставит юго-восточные районы в явно невыгодное положение по сравнению с центральными и северо-восточными районами (Sorando и Leal, 2019; Uceda, 2016; Méndez, Abad и Echaves, 2015; Alguacil, Camacho и Hernández Aja, 2014). Эти различия отражаются в уровне доступа и использования цифровых технологий.» [4]

Таким образом, в ходе исследования были выявлены следующие проблемы, которые могут возникать при внедрении цифровых инстументов управления устойчивым развитием:

1. Технологические проблемы:
- Уязвимость к кибератакам;
- Зависимость от качества данных;
- Высокое потребление ресурсов;

2. Социальные риски:
- Нарушение гражданских прав;
- Предвзятость алгоритмов;
- Сегрегация из-за неравномерного доступа к технологиям;

Таким образом, анализ сложностей, связанных с внедрением цифровых инструментов управления в условиях урбанизации и устойчивого развития, показывает, что они, несмотря на их потенциал, требуют крайней осторожности при использовании ввиду сопутствующих высоких рисков и многоаспектных проблем.

Список литературы

1. CISA. Кибербезопасность и киберсоветы / CISA. Текст: электронный // CISA: официальный сайт Агентства по кибербезопасности и инфраструктуре США: [сайт]. – 2021. URL: https://www.cisa.gov/news-events/cybersecurity-advisories/aa21-287a (дата обращения: 25.04.2025)

2. Jiang, Y., Sun, Y., Liu, Y., & Li, X. (2023). Exploring the Correlation Between Waterbodies, Green Space Morphology, and Carbon Dioxide Concentration Distributions in an Urban Waterfront Green Space: A simulation study based on the carbon cycle. *Sustainable Cities and Society*. – 5 с.

3. Rodrigues, M., Franco, M., Oliveira, C., Borges, A.P., & Silva, R. (2023). How have smartness cities responded to the pandemic? An empirical study. *Cities*. – 8 с.

4. Arroyo-Menéndez, M., Barañano-Cid, M., & Uceda-Navas, P. (2022). ¿Desiguales en la smart city? Segregación espacial y desigualdades digitales en Madrid / Unequal in the Smart City? Spatial Segregation and Digital Inequalities in Madrid. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*. – 20 с.

Власова Е.А.
аспирант,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
mohova_ea@spbstu.ru

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КРОСС-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМАНД В ОПК НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация. Статья посвящена разработке методики оценки качества кросс-функциональных проектных команд в оборонно-промышленном комплексе (ОПК) с применением алгоритмов машинного обучения (ML). Авторы предлагают модель, анализирующую компетенции сотрудников, исторические данные проектов и коммуникационные паттерны для прогнозирования успешности команды. Ключевые аспекты работы включают интеграцию с системами менеджмента качества (ISO 9001) и учет отраслевой специфики (секретность, санкционные риски). Практическая значимость исследования заключается в предоставлении предприятию ОПК в области радиостроения инструмента для автоматизированной оценки качества кросс-функциональных команд, что позволило в рамках исследования сократить время их формирования, снизить число доработок и повысить соответствие срокам выполнения задач. Внедрение методологии на основе машинного обучения обеспечивает объективность решений за счет анализа компетенций сотрудников и исторических данных проектов, минимизирует риски провалов, связанные с человеческим фактором, и интегрируется с системами менеджмента качества (ИСО 9001), повышая прозрачность аудита. Это

особенно актуально в условиях санкций, дефицита кадров и требований к информационной безопасности, позволяя предприятиям ОПК сохранять конкурентоспособность за счет цифровизации ключевых процессов.

Ключевые слова: машинное обучение, кросс-функциональные команды, ОПК, управление качеством, прогнозная аналитика, интерпретация моделей.

Vlasova E.A.
Postgraduate Student
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
mohova_ea@spbstu.ru

METHODOLOGY OF QUALITY ASSESSMENT OF CROSS-FUNCTIONAL COMMANDS IN THE DEFENSE INDUSTRIAL COMPLEX ON THE BASIS OF MACHINE TRAINING

Abstact. The article is devoted to the development of a methodology for assessing the quality of cross-functional project teams in the defense-industrial complex (DIC) using machine learning (ML) algorithms. Key aspects of the work include integration with quality management systems (ISO 9001) and consideration of industry specifics (secrecy, sanctions risks). The practical significance of the study lies in providing a tool for automated quality assessment of cross-functional teams to a defense industry enterprise in the field of radio engineering, which allowed the study to reduce the time of their formation, reduce the number of revisions and improve compliance with task deadlines. Implementation of the methodology based on machine learning ensures objectivity of decisions through analysis of employee competencies and historical project data, minimizes the risks of failure associated with human factors, and integrates with quality management systems (ISO 9001), increasing audit transparency. This is especially relevant in the context of sanctions, personnel shortages and information security requirements, allowing defense industry enterprises to remain competitive through digitalization of key processes.

Keywords: machine learning, cross-functional teams, DIC, quality management, predictive analytics, model interpretation.

Оборонно-промышленный комплекс (ОПК), являясь стратегически важной отраслью, предъявляет исключительные требования к качеству выполнения проектов, включая соблюдение сроков, соответствие техническим заданиям (ТЗ) и обеспечение информационной безопасности. Формирование кросс-функциональных команд, объединяющих специалистов различных профилей (НИОКР, производство, логистика), становится критическим фактором успеха в условиях санкционного давления, дефицита кадров и требованиям стандартов [1, 2, 3]. Традиционные методы подбора и оценки команд, основанные на экспертных оценках и ручном анализе данных, зачастую приводят к субъективным решениям, ошибкам в распределении ролей и, как следствие, к срыву сроков и росту затрат на доработки, что является критичным в процессах предприятий ОПК.

Несмотря на рост числа исследований, посвященных применению ML в управлении проектами, большинство работ ориентировано на гражданские отрасли и не учитывает специфику ОПК.

Цель исследования – разработка методологии оценки качества кросс-функциональных команд в ОПК на основе машинного обучения.

В статье предложена гибридная модель, сочетающая алгоритмы XGBoost и методы объяснимого ИИ (SHAP-анализ), обученная на данных реальных проектов предприятия ОПК. Практическая значимость работы подтверждена снижением числа доработок на 57% (с 4.2 до 1.8 на проект) на 35%, сокращением времени формирования команд на 65% (с 7 до 2 дней) и повышением соответствия срокам выполнения задач с 68% до 89%. Исследование вносит вклад в цифровизацию процессов управления качеством в ОПК, предлагая инструменты для проактивного устранения рисков и повышения прозрачности решений.

Оборонно-промышленный комплекс (ОПК) играет ключевую роль в обеспечении национальной безопасности, что предъявляет исключительные требования к качеству выполнения проектов: соблюдение сроков, соответствие техническим заданиям (ТЗ) и минимизация рекламаций. В условиях санкционного давления, дефицита узкоспециализированных кадров и ужесточения стандартов (ГОСТ Р ИСО 9001) формирование эффективных кросс-функциональных команд становится критически важным. Однако традиционные методы оценки качества команд, основанные на экспертных мнениях и ручном анализе данных, часто приводят к субъективным решениям, ошибкам в распределении ролей и, как следствие, к срыву сроков и росту затрат. Цифровизация процессов управления качеством и внедрение технологий машинного обучения (ML) позволяют устранить эти ограничения [5]. Интеграция ML-методов в системы менеджмента качества обеспечивает не только объективность, но и возможность проактивного управления рисками, что соответствует трендам цифровой трансформации оборонной отрасли.

Проблема оценки качества проектных команд активно исследуется в контексте управления проектами и HR-аналитики. В контексте ОПК научные работы носят фрагментарный характер. Исследование Палий А.В., Андреева И.М. и Одинец Е.Д. [6] подчёркивает потенциал ИИ для трансформации современных производственных процессов, но не предлагает количественных методов оценки. Ключевой пробел в существующих исследованиях – отсутствие методологий, адаптированных к специфике ОПК.

Предлагаемая в статье методология восполняет эти пробелы, сочетая в себе анализ анонимизированных исторических данных проектов ОПК, интеграцию ML-моделей в циклы управления качеством и формализацию soft skills. Этот подход не только расширяет теоретические представления о применении ML в управлении командами, но и устанавливает новый стандарт для исследований в области цифровизации ОПК, обеспечивая баланс между инновациями и регуляторными ограничениями.

Формирование кросс-функциональных команд в ОПК представляет собой многокритериальную оптимизационную задачу, осложненную отраслевой спецификой. Оптимально создать формализованную методику, объединяющую анализ компетенций, исторические данные и требования безопасности для прогнозирования успешности команд в ОПК.

Теоретическая значимость. Предложенная методология вносит вклад в развитие теории управления проектами и машинного обучения.

Практическая значимость. Разработанная методология оценки качества кросс-функциональных команд на основе машинного обучения (ML) предоставляет предприятиям ОПК инструменты для:

−снижения операционных рисков: прогнозирование потенциальных провалов проектов на этапе формирования команды позволяет избежать финансовых потерь и репутационного ущерба;

−оптимизации ресурсов: автоматизация подбора сотрудников сокращает временные затраты на рутинные процессы;

−повышения прозрачности: интеграция ML-моделей с системами менеджмента качества (ИСО 9001) обеспечивает документирование критериев выбора и упрощает аудит;

−улучшения коммуникаций: рекомендации по балансу hard/soft skills снижают конфликтность в командах, что особенно важно для стрессовых проектов ОПК.

Предложения по внедрению

Для интеграции методологии в процессы предприятия предложены:

1. Поэтапное внедрение.

1.1. Пилотный проект. Тестирование модели на одном направлении.

1.2. Масштабирование. Расширение на все подразделения после корректировки гиперпараметров под специфику задач.

2. Обучение персонала.

2.1. Тренинги для HR-специалистов и руководителей проектов по интерпретации результатов ML-модели.

2.2. Создание «цифровых кураторов» – сотрудников, ответственных за актуализацию данных в ERP и LMS.

3. Техническая инфраструктура.

3.1. Развертывание ML-решения на защищенных серверах с использованием отечественных криптографических стандартов [7].

4. Интеграция с корпоративными BI-системами (например, Power BI) для визуализации прогнозов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ. Методология апробирована на предприятии ОПК, участвующем в производстве радиотехники. Для валидации модели использованы данные 120 проектов предприятия (2021–2024 гг.). Ключевые показатели до/после внедрения приведены в таблице.

Таблица

Показатели до/после внедрения

Параметр	До внедрения	После внедрения (6 месяцев)
Среднее время формирования команд	7 дней	**2 дня**
Число доработок на проект	4.2	**1.8**
Соответствие срокам	68%	**89%**
Удовлетворенность сотрудников	54%	**78%**

Практическая апробация методологии подтвердила её эффективность. Автоматизация оценки качества команд на основе ML позволило предприятию сократить издержки, повысить прозрачность процессов и минимизировать риски. Результаты экспериментов демонстрируют как техническую реализуемость подхода, так и экономическую целесообразность. Дальнейшие исследования будут направлены на включение модели в автоматизированную систему формирования проектных команд на предприятии ОПК.

Проведенное исследование подтвердило, что применение машинного обучения для оценки качества кросс-функциональных команд в ОПК позволяет преодолеть ключевые ограничения традиционных методов, связанные с субъективностью, низкой скоростью принятия решений и отсутствием системного учета отраслевой специфики. Разработанная методология, основанная на алгоритмах XGBoost и SHAP-анализе, обеспечивает высокую точность прогнозирования, снижение операционных издержек, повышение прозрачности управления.

Предложенная методология устанавливает новый стандарт управления качеством в ОПК, демонстрируя, что цифровизация и машинное обучение становятся критическими инструментами для сохранения конкурентоспособности в условиях санкций и глобальных вызовов.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования».

2. ГОСТ Р 53114-2008 «Защита информации. Обеспечение информационной безопасности в организации. Основные термины и определения».

3. ГОСТ Р 51583-2014 «Защита информации. Порядок создания автоматизированных систем в защищенном исполнении. Общие положения».

4. Мохова Е. А., Родионова Е. А. Влияние цифровой трансформации на внутренний аудит //Научный диалог: Молодой ученый. – 2019. – С. 15-16.

5. Мохова Е. А., Жучков Ф. Г. Цифровизация в управлении качеством на предприятии оборонно-промышленного комплекса //Управление инновациями в условиях цифровой трансформации. – 2023. – С. 210-214.

6. ПАЛИЙ, А.В.; АНДРЕЕВА, И.М.; ОДИНЕЦ, Е.Д. ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОМЫШЛЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ. Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности, [S.l.], v. 8, n. 5(31) ч.2, p. 135-139, мая 2023. ISSN 2500-1752.

7. ГОСТ Р 34.12-2015 «Информационная технология. Криптографическая защита информации. Блочные шифры»/

Шпак С.А.
студент,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
spak.97@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. В данной статье рассматривается применение современных цифровых технологий на фармацевтическом предприятии с целью повышения качества работы оборудования и совершенствования производственных процессов, повышения характеристик надежности производственного оборудования и исключения его возможного негативного влияния на качество фармацевтической продукции. Рассмотрены ключевые современные тенденции цифровизации фармацевтической промышленности в рамках «Индустрии 4.0», а также практико-применимая отраслевая концепции – «Pharma 4.0». Рассмотрены актуальные проблемы, встречающиеся на этапах фармацевтического производства и инструменты Индустрии 4.0 позволяющие решить их.

Ключевые слова: цифровые технологии, качество производственных процессов, качество работы оборудования, фармацевтическое производство, производственное оборудование, «Pharma 4.0».

Shpak S.A.
Student
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
spak.97@mail.ru

THE IMPLEMENTATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN A PHARMACEUTICAL COMPANY TO ENHANCE THE PERFORMANCE OF MACHINERY

Abstact. In this article, the author examines the use of modern digital technologies in a pharmaceutical enterprise in order to improve the quality of equipment and improve production processes, increase the reliability characteristics of production equipment and eliminate its possible negative impact on the quality of pharmaceutical products. The key current trends in the digitalization of the pharmaceutical industry within the framework of Industry 4.0, as well as the practically applicable industry concept of Pharma 4.0, are considered. The current problems encountered at the stages of pharmaceutical production and the tools of Industry 4.0 to solve them are considered.

Keywords: digital technologies, quality of production processes, pharmaceutical production, production equipment.

В условиях увеличения спроса на лекарственные препараты все большее число фармацевтических предприятий в Российской Федерации осознают необходимость совершенствования контроля производственных процессов. Одним из важнейших элементов производственной системы, напрямую влияющей на качество и безопасность фармацевтической продукции, является высокоэффективная и безошибочная работа технологического оборудования, его надежность и работоспособность. При этом, оборудование должно работать в соответствии с заданными настройками, а в случае возникновения проблем способно автоматически сигнализировать о неполадках либо остановить работу.

Выполнение данных условий возможно при использовании проактивного подхода при управлении производственным оборудованием. Суть данного подхода заключается в возможности предсказывать поведение оборудования для предотвращения всевозможных неисправностей. В результате такого подхода снижаются затраты на ремонт и техническое об-

служивание, исключаются простои, а также снижается риск пропуска некачественного полупродукта или сырья на следующий этап производства.

Особая эффективность применения проактивного подхода на производстве может наблюдаться при одновременном внедрении цифровых технологий, позволяющих организовать этапность, выстроить структуру процесса, а также в нужной мере отследить качество данных процессов.

Таким образом, целью данной статьи является описание практического применения инструментов цифровизации на фармпредприятии, позволяющих повысить качество работы производственного оборудования. Для достижения поставленной цели необходимо: проанализировать ключевые тенденции цифровизации фармацевтической промышленности, выявить проблемы, связанные с работой оборудования, а также определить инструменты цифровизации, минимизирующие риски снижения качества продукции.

Влияние индустрии 4.0 на фармацевтическую промышленность

Индустрия 4.0 –термин, введенный группой Communication Promoters Group Научно-промышленного исследовательского альянса (Industry-Science Research Alliance) с целью описания применения информационных технологий в рамках промышленного производства [1]. Использование данного подхода в фармацевтической отрасли выстроилось в отдельное направление под названием «Pharma 4.0», сутью которого является использование передовой аналитики и машинного обучения, позволяющих выявлять проблемы качества на ранних этапах производственного процесса.

В соответствии с данными аналитики компаний «Крок инкорпорейтед» и «Digital Pharma», наиболее часто внедряемые технологиями цифровизации в рамках концепции «Pharma 4.0» являются предиктивная аналитика, а также платформы клиентских данных (Рисунок) [2]. Наименее востребованными стали такие направления как облачные решения для хранения больших объемов данных. Причина данного результаты может крыться в ограничениях на использовании и распространении информации и, как следствие, невозможности использования облачных решений. В то же время внедрение облачных решений позволит сократить риски потери данных, а также повысят их накапливание для последующей аналитики и совершенствования процессов производства.

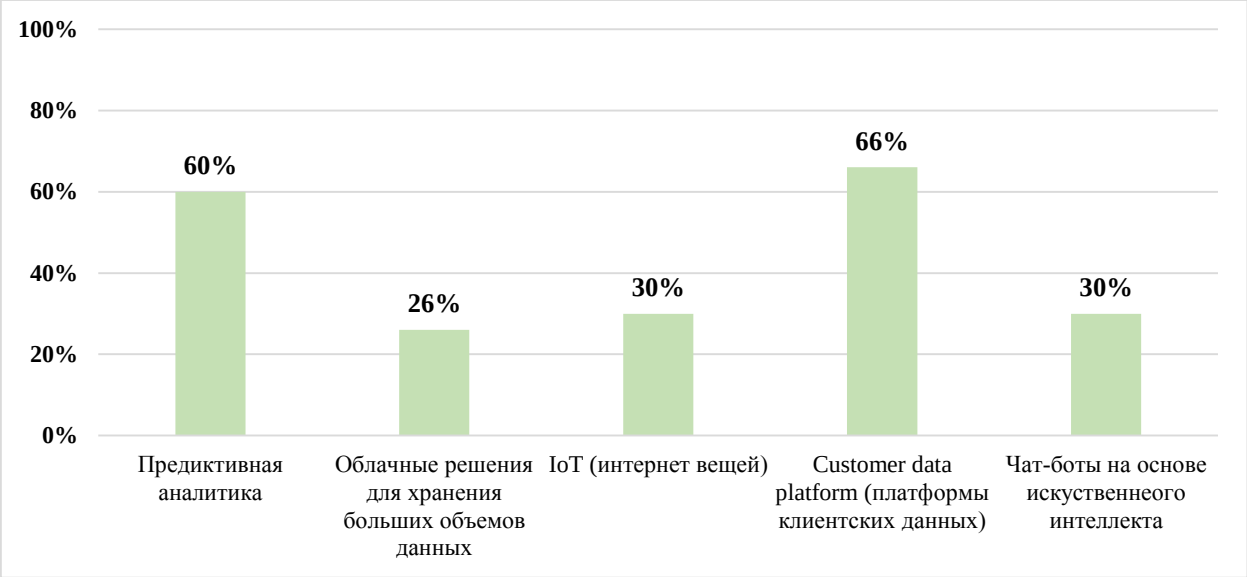


Рис. Инструменты цифровизации в рамках концепции «Pharma 4.0»

Примеры практического применения подходов «Pharma 4.0»

На практике, одной из наиболее частых проблем, связанных с оборудованием на фармпроизводстве, является его несвоевременное или некачественное техническое обслуживание. Наиболее вероятными причинами данной проблемы являются отсутствие внутренних регламентов по техническому обслуживанию, недостаток технического персонала, а также несо-

блюдение графика планово-предупредительных работ. Как следствие оборудование обслуживается по факту его выхода из строя или при возникновении неполадок, когда неисправность оборудования уже могла негативно повлиять на качество и безопасность продукции. Применение инструментов цифровизации на производстве позволяет в комплексе решать данные проблемы.

Среди инструментов цифровизации на фармпроизводстве стоит отдельно выделить технологии интернета вещей (IoT), облачные решения для хранения больших объемов данных, а также предиктивную аналитику, как наиболее влияющие на повышение качества работы оборудования [3].

Алгоритм работы этих инструментов можно описать следующим образом: IoT-датчики собирают данные о параметрах работы оборудования или производственной среды, далее эти данные передаются на центральный сервер или облачное хранилище, после чего с помощью предиктивного анализа выявляются определенные зависимости и закономерности в работе оборудования. Данные параметры, в свою очередь, помогают создавать модели прогнозирования работы оборудования, а также стандартизировать его работу [4]. Как следствие, появляется возможность структуризации и документирования алгоритма действий персонала в случае поломок или отказа оборудования, а также внедрения автономного управляющего элемента в оборудовании, сигнализирующего о неисправностях и отказах.

Определить преимущества внедрения такого подхода можно, сравнив между собой «традиционный» подход к обслуживанию оборудования с тем, который предполагается после внедрения цифровых технологий (Таблица).

Таблица

Сравнительная таблица традиционного подхода к техническому обслуживанию на фармацевтическом предприятии до и после цифровизации

Критерий	Традиционный подход	Цифровой подход
Метод обслуживания	По факту неисправности/плановое	На основании прогноза неисправностей
Источники данных	Бумажные записи, личная коммуникация	Датчики IoT
Анализ неисправностей	Опыт персонала, данные от производителя	Алгоритмы машинного обучения, статистическая обработка данных
Планирование обслуживания	Фиксированный график планово-предупредительных работ на год	Гибкое планирование планово-предупредительных работ в зависимости от состояния оборудования
Реагирование на неисправность	Остановка оборудования, поиск причины персоналом	Автоматическая диагностика, удаленный мониторинг
Соответствие нормативным документам	Риск нарушения требований из-за человеческого фактора	Полная прослеживаемость, автоматизация отчетности
Затраты	На простои из-за поломок и незапланированных ремонтов	Снижение затрат в виду проактивного подхода
Действия персонала	Требуется высокая квалификация и опыт, ввиду необходимости исправления поломок вручную	Автоматизация рутинных операций, фокус на анализе данных и управлении оборудованием

В данной статье было проанализировано влияние Индустрии 4.0 на фармацевтическую промышленность, рассмотрена отраслевая концепция «Pharma 4.0» и ее актуальные технологии. На основании аналитических данных предложено практическое решение проблемы технического обслуживания оборудования путем внедрения инструментов цифровизации, ориентированных на проактивный подход к устранению проблем и поломок на производстве, показаны преимущества при его внедрении.

Таким образом, внедрение данных цифровых технологии позволило исключить простои, внеплановые ремонты, а также повысить характеристики надежности оборудования.

Список литературы

1. Шу, Г., Андерл, Р., Гауземайер, Ю., тен Хомпель, М., Вальстер, В. (и др.): Индекс зрелости Индустрии 4.0 – Управление цифровым преобразованием компаний (acatech ИССЛЕДОВАНИЕ), Munich: Herbert Utz Verlag 2017.

2. Digital pharma: маркетинговое исследование фармацевтического рынка России от КРОК, цифровизация фармрынка: сайт. – Москва, 2021. – URL: https://research.croc.ru/digital-pharma/#contacts (дата обращения: 21.04.2024).

3. Материалы лекции: «Мировые инициативы и программы, направленные на развитие Industry 4.0» // Рябов Юрий Александрович, к.полит.н., начальник отдела промышленного и технологического форсайта ИЦ «ЦКИ» Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.

4. Башева, М. А. «Индустрия 4.0» в России: на пороге промышленного переворота / М. А. Башева. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2019. – № 13 (251). – С. 100-102. – URL: https://moluch.ru/archive/251/57602/ (дата обращения: 23.04.2025).

Василенко Д.В.
инженер,
АО «НИКИМТ-Атомстрой»,
Россия, Москва
vasilenko-dv@mail.ru

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ КОНТРОЛЯ ЗА ИЗГОТОВЛЕНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АЭС

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы организации и совершенствования системы контроля за изготовлением оборудования для атомных электростанций (АЭС). Подчёркивается актуальность темы в связи с высокими требованиями к безопасности и надёжности эксплуатации объектов атомной энергетики. Проведен анализ существующей нормативной и теоретической базы, а также выявлены ключевые недостатки в действующих практиках производственного контроля. Особое внимание уделено современным методам неразрушающего контроля, цифровизации производственных процессов и внедрению аналитических инструментов в систему обеспечения качества. Представлены предложения по усилению процедурного и технического контроля, включая организацию независимых подразделений контроля, цифровое сопровождение производственного цикла, повышение квалификации персонала, а также применение цифровых двойников и систем предиктивной аналитики. Практическая значимость работы заключается в возможности применения предложенного комплекса мер на предприятиях атомного машиностроения с целью повышения эффективности производственного контроля, снижения производственных рисков и повышения качества выпускаемой продукции. Полученные результаты могут быть использованы при разработке внутренних регламентов, стандартов и технических решений на предприятиях отрасли.

Ключевые слова: атомная энергетика, контроль качества, неразрушающий контроль, цифровизация, оборудование АЭС, производственный контроль, безопасность эксплуатации.

Vasilenko D.V.
Engineer
JSC «NIKIMT-Atomstroy»
Russia, Moscow
vasilenko-dv@mail.ru

IMPLEMENTATION OF CONTROL OVER THE MANUFACTURING OF EQUIPMENT FOR NUCLEAR POWER PLANTS

Abstact. The article discusses the issues of organization and improvement of the control system for the manufacture of equipment for nuclear power plants (NPP). The relevance of the topic is emphasized due to the high requirements for the safety and reliability of the operation of nuclear power facilities. The analysis of the existing regulatory and theoretical framework has been carried out, as well as key shortcomings in current production control practices have been identified. Special attention is paid to modern methods of non-destructive testing, digitalization of production processes and the introduction of analytical tools into the quality assurance system. Proposals are presented to strengthen procedural and technical control, including the organization of independent control units, digital support of the production cycle, staff development, as well as the use of digital twins and predictive analytics systems. The practical significance of the work lies in the possibility of applying the proposed set of measures at nuclear engineering enterprises in order to increase the efficiency of production control, reduce production risks and improve the quality of products. The results obtained can be used in the development of internal regulations, standards and technical solutions at industry enterprises.

Keywords: nuclear power engineering, quality control, non-destructive testing, digitalization, NPP equipment, production control, operational safety.

Атомная энергетика занимает центральное место в обеспечении устойчивого энергоснабжения. В условиях повышенных требований к безопасности и надежности функционирования атомных электростанций (АЭС) особое внимание уделяется качеству оборудования, установленного на этих объектах. В связи с этим контроль за изготовлением оборудования и технологических узлов АЭС становится ключевым этапом, влияющим на безопасность в целом.

Современное развитие атомной отрасли сопровождается всё более строгими стандартами на всех этапах жизненного цикла объектов. По данным ряда международных агентств, до 70% инцидентов на АЭС связано с недостатками проектирования или изготовления оборудования [1]. Это подчеркивает значимость системного и научно обоснованного подхода к контролю в процессе изготовления.

Актуальность темы усиливается необходимостью перехода к цифровому производству, что требует адаптации систем контроля к новым технологическим условиям. В литературе [2–4] активно обсуждаются новые подходы, такие как использование нейросетей в неразрушающем контроле, цифровые двойники изделий, интеграция контроля в ERP-системы производства. Однако практические аспекты формирования целостной системы контроля за изготовлением оборудования для АЭС остаются недостаточно исследованными.

Цель исследования – формирование предложений по совершенствованию контроля за изготовлением на АЭС, основанных на действующих нормах, анализе современных технологий и специфике атомной отрасли.

В рамках данной цели поставлены следующие задачи: проанализировать нормативную и практическую базу контроля на этапе изготовления, определить ключевые уязвимости и слабые места действующей системы контроля, разработать предложения по усилению технологического, процедурного и цифрового аспектов контроля.

Контроль за изготовлением на АЭС осуществляется в соответствии с рядом нормативных документов: ПНАЭ Г-7-002-86, НП-001-15, ПНАЭ Г-7-010-89 и др. Эти нормативы регламентируют порядок проведения контроля, виды испытаний, методы оценки и соответствующие требования к персоналу.

Выделяются три основных этапа контроля: входной контроль материалов, операционный контроль технологических процессов и выходной контроль готового изделия [5]. Каждый из этих этапов требует применения комплекса методов: визуально-измерительного контроля (ВИК), методов неразрушающего контроля (УЗК, РК, ВТ, МК), металлографических и механических испытаний.

Современные теоретические разработки в области производственного контроля включают в себя элементы искусственного интеллекта, систем цифровой отчетности и удаленного контроля. В частности, актуальными являются: внедрение цифровых паспортов на изделие; использование технологий блокчейн для фиксации результатов контроля; предиктивная аналитика дефектов на основе накопленных данных.

Также особое внимание уделяется вопросам квалификации персонала и независимости служб контроля, что имеет ключевое значение в атомной отрасли.

Практическая значимость исследования заключается в том, что предложенные меры могут быть реализованы на машиностроительных и инжиниринговых предприятиях, изготавливающих оборудование для атомной энергетики.

Нормативная база контроля изготовления оборудования для АЭС включает в себя документы, устанавливающие технические требования к материалам, сварным соединениям, методам контроля и квалификации персонала. Ключевыми являются ПНАЭ Г-7-002-86 (общие положения контроля), ПНАЭ Г-7-010-89 (контроль металла и сварных соединений), НП-001-15 (общие положения обеспечения безопасности АЭС), а также международные стандарты ISO и EN. Практическая реализация этих норм, как правило, осуществляется через внутренние регламенты предприятий, в которых описаны процедуры входного, операционного и выходного контроля. Однако, в действующей системе наблюдаются такие недостатки, как: формальный подход к входному контролю поставляемых материалов; ограниченное использование современных цифровых технологий и аналитических инструментов; недостаточная интеграция результатов контроля в системы управления качеством; разрозненность документирования и низкая скорость обработки информации.

Таким образом, анализ показывает необходимость интеграции нормативных требований с современными технологиями сбора и анализа данных, что позволит повысить эффективность контроля на всех этапах изготовления.

Выявлены следующие уязвимости существующей системы контроля:

- Зависимость контрольных служб от производственных подразделений, что снижает объективность оценки качества.
- Ограниченная автоматизация процессов контроля, особенно на этапах визуального и ультразвукового контроля.
- Нехватка квалифицированных специалистов, прошедших аккредитацию по международным стандартам.
- Отсутствие единой цифровой среды, объединяющей результаты контроля, что приводит к задержкам в принятии решений.
- Недостаточная обратная связь между результатами контроля и корректирующими мерами в производстве, что мешает оперативному устранению выявленных недостатков.

Для устранения указанных слабых мест требуется модернизация системы контроля за счёт организационных изменений (создание независимых подразделений), технологических решений (внедрение цифровых двойников и автоматизированных систем контроля), а также инвестиций в обучение и развитие персонала.

Предлагается следующий комплекс мероприятий по усилению контроля на этапе изготовления: 1) Организация независимого подразделения производственного контроля с подчинением не производственному, а техническому директору или службе качества. 2) Цифровизация всех этапов контроля, включая внедрение электронной системы учета операций контроля, цифровых форм протоколов и актов. 3)Внедрение модулей визуального и ультразвукового контроля в линию производства, с возможностью анализа данных в реальном времени. 4) Систематическое повышение квалификации персонала с аккредитацией в соответствии с международными стандартами ISO 9712 и EN 473. 5) Применение цифровых двойников

для верификации технологического соответствия изделий – позволяет на ранних стадиях выявлять отклонения от проектных параметров. 6) Создание комплексной аналитической базы данных по результатам контроля, накапливающей статистику по типовым дефектам и используемой для корректировки технологий. 7) Реализация данных предложений обеспечит повышение надежности оборудования, сокращение времени на выявление несоответствий и снижение рисков, связанных с эксплуатацией АЭС.

Контроль за изготовлением оборудования АЭС является критическим элементом системы ядерной безопасности. Теоретический и нормативный базис требует дополнения и адаптации под условия цифрового производства. Существуют значительные резервы повышения эффективности контроля через цифровизацию, независимость служб и расширение инструментальных методов. Предложенные меры могут быть использованы как основа для совершенствования системы контроля на предприятиях атомной отрасли, способствуя достижению высокого уровня технологической дисциплины и надежности.

Список литературы

1. Международное агентство по атомной энергии. Уроки Фукусимы. – Вена: МАГАТЭ, 2015.

2. Горшков В.А. Контроль качества на этапах жизненного цикла оборудования АЭС // Атомная энергетика. – 2020. – № 4. – С. 32–39.

3. Мишин И.В., Сидоров А.П. Неразрушающий контроль в атомной отрасли. – М.: Энергоатомиздат, 2018. – 216 с.

4. Орлова Е.П., Ткаченко С.В. Автоматизация контроля качества изделий атомной промышленности // Вестник машиностроения. – 2021. – № 6. – С. 41–46.

5. ПНАЭ Г-7-010-89. Правила контроля металла и сварных соединений атомных станций. – М.: Госатомнадзор РФ, 1989.

Лямин Б.М.
к.э.н., доцент Высшей школы сервиса и торговли,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
Lyamin_bm@spbstu.ru
Апальков С.В.
студент,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
apalkovsergey2001@mail.ru
Мищенко А.С.
студент,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
lexweek@yandex.ru

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТОРГОВЫХ СИСТЕМ В РФ: БАРЬЕРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Аннотация. В статье анализируются ключевые аспекты цифровой трансформации производственно-торговых систем в России, включая успешные кейсы внедрения (Росатом, КАМАЗ, X5 Group) и пример провального проекта («Русская Сталь»). Исследование выявляет основные барьеры цифровизации: технологические (недостаток отечественных решений, проблемы интеграции), финансовые (высокая стоимость, длительная окупаемость), кадровые (де-

фицит специалистов, сопротивление персонала) и регуляторные (несовершенство законодательства). На основе сравнительного анализа предложена поэтапная модель внедрения цифровых технологий, включающая диагностику, пилотные проекты, масштабирование и оптимизацию. Особое внимание уделяется гибридным решениям (импортные + отечественные технологии), роли государственной поддержки и необходимости инвестиций в обучение персонала. Доказано, что успешная цифровизация требует комплексного подхода, сочетающего технологические инновации, организационные изменения и развитие кадрового потенциала.

Ключевые слова: цифровая трансформация Industry 4.0, производственно-торговые системы, барьеры цифровизации, импортозамещение, кейсы внедрения, поэтапная модель.

Lamin B.M.
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor at the Higher School of Service and Trade
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
Lyamin_bm@spbstu.ru
Mishchenko A.S.
Student
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
lexweek@yandex.ru
Apalkov S.V.
Student
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
apalkovsergey2001@mail.ru

DIGITAL TRANSFORMATION OF PRODUCTION AND TRADING SYSTEMS IN THE RUSSIAN FEDERATION: BARRIERS AND PROSPECTS

Abstact. The article analyzes key aspects of digital transformation in Russian production and trade systems, including successful implementation cases (Rosatom, KamAZ, X5 Group) and a failed project example («Russkaya Stal»). The study identifies main digitalization barriers: technological (lack of domestic solutions, integration challenges), financial (high costs, long payback periods), personnel-related (skills shortage, employee resistance) and regulatory (imperfect legislation). Based on comparative analysis, a phased digital technology implementation model is proposed, including diagnostics, pilot projects, scaling and optimization. Special attention is given to hybrid solutions (foreign + domestic technologies), government support role and the need for personnel training investments. The research proves that successful digital transformation requires a comprehensive approach combining technological innovation, organizational changes and human capital development.

Keywords: digital transformation industry 4.0 production-trade systems digitalization barriers import substitution implementation cases phased implementation model.

В условиях глобальной цифровизации экономики российские производственно-торговые системы сталкиваются с необходимостью трансформации своих бизнес-процессов. Цифровизация в контексте производственно-торговых сетей России – это процесс интеграции цифровых технологий в бизнес-процессы с целью повышения эффективности управления, оптимизации логистики, улучшения качества продукции и усиления взаимодействия между участниками цепочки поставок. В отличие от простой автоматизации, цифровизация предполагает комплексное преобразование бизнес-моделей на основе данных, IoT, AI и других технологий. Внедрение технологий Industry 4.0, Интернета вещей (IoT) и Big Data становится критически важным для поддержания конкурентоспособности на международном рынке. Однако процесс цифровизации в России имеет ряд особенностей и сталкивается с суще-

ственными вызовами. Один из главных вызовов: низкая скорость внедрения цифровых технологий**.** Основные барьеры – высокая стоимость, недостаток экспертизы и сопротивление изменениям со стороны персонала. Цель данной статьи – проанализировать текущее состояние внедрения цифровых технологий в российских предприятиях, выявить основные барьеры и предложить оптимальные пути их преодоления на основе успешных кейсов отечественных компаний. По данным отчета Минпромторга России на 2024 год, уровень цифровизации промышленных предприятий распределяется следующим образом (рисунок).



Рис. Уровень цифровизации

По данным диаграммы следуют что лишь 8% предприятий в полной мере используют все преимущества цифровизации, а 77% (45%+32%) только начинают или находятся на начальной стадии внедрения.

Из данных 1 таблицы следует, что наиболее цифровизированная отрасль – нефтегазовая, что обусловлено критической важностью данной отрасли для благосостояния страны – большая часть доходов приходиться именно на экспорт ископаемых. Средний уровень цифровизации наблюдается в машиностроении и розничной торговли, что обусловлено динамически развивающимся рынком в этих отраслях, наличием крупных и успешных игроков в этой сфере, а также важности сферы розничной торговли, для обеспечения граждан всем необходимым.

Таблица 1

Сравнение уровня цифровизации по отраслям (2024 г.)

Отрасль	Уровень цифровизации	Основные технологии
Нефтегазовая	Высокий (65%)	Цифровые двойники, предиктивная аналитика
Машиностроение	Средний (45%)	Промышленный IoT, роботизация
Розничная торговля	Средний (50%)	Big Data, AI-аналитика
Сельское хозяйство	Низкий (25%)	Точное земледелие, IoT-датчики
Пищевая промышленность	Низкий (30%)	Системы контроля качества

Далее рассмотрим кейсы успешного внедрения.

1. ГК «Росатом»: Комплексная цифровая трансформация атомной отрасли Россия, в том числе в лице «Росатома», является лидером в области атомных технологий и энергетики. Кейс «Росатома» является отличными примером планомерного и последовательного внедрения цифровых технологий. Технологическая архитектура проекта состоит из следующих частей. 1.Цифровые двойники энергоблоков: Полноценные 3D-модели с точностью до 1 см, реализована интеграция с SCADA-системами, частота обновления – каждые 15 секунд. 2.Система предиктивной аналитики: использует 57 параметров контроля для каждого агрегата, алгоритмы машинного обучения на базе 15-летней статистики отказов, точность прогно-

зирования неисправностей – 89,3% 3.Виртуальные тренажерные комплексы: 100% покрытие всех технологических операций, время подготовки операторов сокращено с 18 до 6 месяцев, реализована система оценки компетенций в VR-среде. Далее рассмотрим финансовые и операционные результаты. Капитальные затраты: 2,8 млрд руб. (из них 35% – импортные решения), срок окупаемости: 3,2 года. Экономический эффект за 2023 год: снижение затрат на ТОиР: 1,2 млрд руб., сокращение неплановых простоев: 217 часов/год.

Ключевые факторы успеха: государственная поддержка – проект реализован в рамках госпрограммы «Цифровая энергетика» (бюджет 15 млрд руб.) Гибридная технологическая платформа – сочетание зарубежных (Siemens PLM) и российских (РосАТОМ-Софт) решений. Фокус на безопасности – цифровой двойник снизил риск аварий на 40%. Обучение персонала – 100% сотрудников прошли переподготовку в корпоративном «Цифровом университете»

2. ПАО «КАМАЗ»: Трансформация автомобильного производства (табл. 2)

Реализованные технологические решения:

Система IoT-мониторинга: 1,536 датчиков на главном конвейере, контроль 23 параметров для каждого узла, AI-контроль качества: 48 камер высокого разрешения, алгоритмы распознавания дефектов, база из 15,000 эталонных изображений, интеграция с 287 поставщиками, алгоритмы прогнозирования потребности, система динамического ценообразования.

Таблица 2

Количественные результаты внедрения

Показатель	До внедрения	После внедрения	Изменение
Производительность линии	38 машин/сутки	45 машин/сутки	+18,4%
Уровень брака	2,7%	1,97%	-27%
Время переналадки	4,5 часа	3,2 часа	-28,9%
Запасы комплектующих	23 дня	17 дней	-26,1%

Ключевые факторы успеха: Поэтапное внедрение – начали с одного цеха, затем масштабировали на 5 заводов; Партнерство с Яндексом – совместная разработка AI-алгоритмов для контроля качества; переход с Siemens на российские аналоги (Элсиб); Культура данных – создали единую платформу для сбора и анализа 1,5 млн показателей в сутки.

Кейс 3. X5 Group: Цифровая революция в ритейле

Внедренные инновационные решения: Система динамического ценообразования: анализирует 15 факторов влияния на спрос, обрабатывает 2,3 млн транзакций ежедневно, обновление цен в реальном времени. AI-алгоритмы управления ассортиментом, прогнозирует спрос с точностью 88,7%, автоматически формирует заказы поставщикам. Сегментация клиентской базы по 24 параметрам, система рекомендаций на основе истории покупок, генерация индивидуальных предложений. Инвестиции в 2021-2023 гг.: 4,5 млрд руб., дополнительная выручка в 2023 году: 9,8 млрд руб., экономия операционных затрат: 1,3 млрд руб./год Улучшение: конверсия промоакций: +14,2%, средний чек: +9,1%. Выявлены следующие особенности реализации проектов: создание Центров цифровых компетенций, переподготовка 35-45% персонала, изменение организационной структуры, интеграция legacy-систем, проблемы с качеством данных, необходимость кастомизации решений. Срок окупаемости: 2,8-3,5 года, ROI цифровых проектов: 22-28% годовых, эффект масштаба при тиражировании решений. Ключевой фактор успеха: партнерство с СберAI и Яндекс.Облако – Customer-centric подход – система учитывает 150+ параметров поведения клиентов; Экосистема решений – интеграция с 1С, SAP и мобильным приложением «Пятерочки»; Быстрая окупаемость – ROI проекта составил 14 месяцев за счет роста продаж.

Кейс 4. «Умный завод» Группы «Русская Сталь» Цель: Полная цифровизация производства на заводе в Липецке с внедрением: Промышленного IoT (500+ датчиков); цифрового двойника (на базе Siemens MindSphere); AI-системы прогнозирования качества стали. Бюджет: 2,1 млрд руб. (из них 700 млн – грант от Минпромторга. Сроки: 2021–2023 гг. Проект заморожен, достигнуто лишь 15% от плановых KPI. Причинами провала являются следую-

щее: ошибки в планировании, недооценка legacy-инфраструктуры: 60% оборудования оказалось несовместимо с IoT-датчиками, завышенные ожидания от AI: система анализа качества распознавала 72% ошибок (требовалось >90%). немецкое ПО Siemens не работало с российскими САПР (Компас-3D), отсутствие единого Data Lake: данные из цехов поступали в 5 разных форматах; сопротивление персонала: 40% технологов саботировали работу с цифровыми инструкциями; из 10 требуемых data-инженеров нашли только 3, опрос сотрудников: 68% назвали систему недружелюбной; превышение бюджета – Фактические затраты – 2,9 млрд руб. (+38%), а также срыв сроков: вместо 2 лет – 3,5 года без результата. Вывод аудита Счетной палаты: «Неэффективное использование госсредств». Российские предприятия показывают, что даже в условиях санкционного давления возможно достижение значительных результатов за счет грамотного выбора приоритетов и поэтапного внедрения цифровых решений. Можно выделить следующие основные барьеры. Технологические: Недостаток отечественных решений (70% ПО импортное); проблемы интеграции устаревшего оборудования; Финансовые: Высокая стоимость внедрения (от 5 млн руб. для среднего предприятия); длительный срок окупаемости (3-5 лет); Кадровые: Дефицит квалифицированных специалистов (нехватка до 40%); сопротивление персонала изменениям; Регуляторные: Несовершенство законодательной базы; проблемы с защитой данных.

В таблице 3 приведено сравнение успешного и проавльного кейсов.

Таблица 3

Сравнительная таблица успешного и провального кейсов

Критерий	Успех (Росатом)	Провал («Русская Сталь»)
Аудит перед стартом	Полный (12 месяцев)	Поверхностный (3 мес.)
Работа с персоналом	100% обучение	Только 30% сотрудников
Гибкость технологий	Гибридные решения	Жесткая привязка к Siemens
Управление бюджетом	+10% к плану	+38% перерасхода

Таким образом, на основе кейсов можно предложить следующую поэтапную структура цифровизации для российских предприятий.

1. Диагностика (3-9 мес): аудит текущих процессов, определение KPI цифровизации, выбор приоритетных направлений.

2. Пилотные проекты (6-9 мес): внедрение в отдельных цехах/процессах, обучение ключевых сотрудников, корректировка решений.

3. Масштабирование (9-24 мес): постепенное расширение на все предприятие, интеграция различных систем, автоматизация процессов принятия решений.

4. Оптимизация (постоянно): анализ эффективности, дообучение персонала, модернизация решений, а также господдержка – получение субсидий по программам СПИК 2.0 и «Цифровая экономика». Рекомендации по внедрению. Начинать с автоматизации отдельных процессов, а не комплексной трансформации; использовать гибридные решения (импортные + отечественные технологии); развивать внутренние компетенции через обучение персонала; участвовать в государственных программах поддержки цифровизации; создавать кросс-функциональные команды для управления изменениями

Цифровая трансформация производственно-торговых систем в России, несмотря на существующие барьеры, демонстрирует положительную динамику. Успешные кейсы таких компаний показывают, что грамотное внедрение цифровых технологий может принести существенную экономическую выгоду. Оптимальный путь цифровизации для российских предприятий должен включать поэтапный подход, сочетание различных технологических решений и развитие кадрового потенциала. Особое внимание следует уделять созданию экосистемы цифровизации, включающей государственную поддержку, образовательные программы и развитие отечественных технологических решений. Перспективы дальнейшего развития цифровой трансформации в РФ связаны с углублением интеграции AI и IoT в производственные процессы, развитием отечественных платформенных решений и созданием благоприятной регуляторной среды для внедрения инновационных технологий.

Список литературы

1. Официальный отчет Росатома о цифровой трансформации (2023)
2. Исследование McKinsey «Цифровизация в энергетике» (2022)
3. Статья в журнале «Цифровая экономика» №4, 2023
4. Пресс-релиз КАМАЗа о проекте «Завод 4.0» (2024)
5. Кейс Сбербанка «Финансирование цифровизации промышленности» (2023)
6. Доклад Минпромторга «Импортозамещение в автопроме» (2024)
7. Годовой отчет X5 Group 2023 –
8. Кейс в Harvard Business Review Россия (январь 2024)
9. Презентация СТО X5 на конференции «Retail Tech 2024»
10. Расследование РБК (2023): «Почему провалился цифровой завод за 2 млрд рублей»
11. Отчет Счетной палаты (2024): Аудит господдержки промышленной цифровизации
12. Интервью экс-директора проекта завода, Группы «Русская Сталь» в журнале «Эксперт» (март 2024)

Барбаш И.П.
аспирант,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
ip.barbash@gmail.com
Колосова О.В.
д.т.н, профессор Высшей школы технологического предпринимательства,
ПИШ «Цифровой инжиниринг»,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
kolosova@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ ВОВЛЕЧЕННОСТИ СОТРУДНИКОВ НА КАЧЕСТВО И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. Статья посвящена анализу влияния индекса вовлеченности сотрудников на качество и производительность производственных процессов. Актуальность исследования обусловлена необходимостью интеграции человеческого фактора в систему менеджмента качества для повышения устойчивости предприятий. В результате проведенных исследований выделены ключевые параметры вовлеченности: лидерство, командная работа, обучение, вознаграждение и организационная политика. По результатам проведенных исследований и проведенных на предприятии экспериментов авторами определен показатель вовлеченности персонала с точки зрения его интеграции в систему менеджмента качества. Практическая значимость результатов исследований заключается в разработке рекомендаций по цифровизации оценки вовлеченности персонала, организации обучения, созданию команд по качеству и внедрению систем мотивации. Авторы статьи предлагают комплексный подход к управлению качеством, позволяющий интегрировать данные о вовлеченности персонала в интеллектуальные системы управления производством, что способствует устойчивому развитию организаций.

Ключевые слова: вовлеченность, производительность труда, мотивация персонала, управление качеством.

Barbash I.P.
Postgraduate Student
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
ip.barbash@gmail.com
Kolosova O.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor of the Higher School of Technological Entrepreneurship, PISh «Digital Engineering»
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
kolosova@yandex.ru

THE IMPACT OF EMPLOYEE INVOLVEMENT ON THE QUALITY AND PRODUCTIVITY OF PRODUCTION PROCESSES

Abstact. The article is dedicated to analyzing the impact of the employee involvement index on the quality and productivity of production processes. The relevance of the research is due to the need to integrate the human factor into the quality management system to improve the sustainability of enterprises. As a result of the conducted research, the key parameters of involvement are identified: leadership, teamwork, training, rewards and organizational policy. Based on the results of the conducted research and experiments conducted at the enterprise, the authors determined the indicator of employee involvement in terms of its integration into the quality management system. The practical importance of the research results lies in the development of recommendations on digitalization of employee involvement assessment, organization of training, creation of quality teams and implementation of motivation systems. The authors of the article propose a comprehensive approach to quality management that allows integrating data on employee involvement into intelligent production management systems, which contributes to the sustainable development of organizations. New parameters for taking into account the dynamics of availability and forecasting resource shortages.

Keywords: involvement, workforce productivity, employee motivation, quality management.

Повышение качества производственных процессов является ключевым фактором устойчивого развития предприятий. Производственные системы сталкиваются с необходимостью балансировать между технологической эффективностью и учетом человеческого фактора. Вовлеченность сотрудников рассматривается как стратегический показатель их мотивации, приверженности, заинтересованности в результатах труда, который необходимо учитывать при формировании производственных и качественных метрик. Статья посвящена анализу взаимосвязи между индексом вовлеченности персонала и показателями качества и производительности на предприятии.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью учитывать человеческий фактор в управлении качеством. Исследования подчеркивают, что мотивированные и вовлечённые работники демонстрируют более высокую производительность, менее склонны к текучести кадров и способны формировать культуру качества. Вовлеченность персонала в условиях цифровой экономики становится не только HR-показателем, но и фактором устойчивого развития, влияющим на степень инновационности, снижение дефектов и повышение операционной эффективности. Это подтверждено исследованиями Gallup, согласно которым компании с высоким уровнем вовлеченности персонала демонстрируют рост производительности на 17% [1]. Подходы Г. Таггути и С. Синго, основанные на статистическом контроле и анализе ошибок, демонстрируют, что вовлеченность сотрудников в процессы улучшения способствует стабильности и ритмичности производства [2]. При этом многие предприятия ошибочно сводят мотивацию к материальному стимулированию, игнорируя такие факторы, как автономность, участие сотрудников в принятии решений и развитие компетенций [3].

Эти выводы подтверждают актуальность интеграции показателя вовлеченности персонала в систему менеджмента качества, а также необходимость разработки комплексной методики оценки этого показателя, учитывающей как количественные, так и качественные параметры.

Целью данного исследования является определение показателя вовлеченности персонала и разработка рекомендаций по его интеграции в систему менеджмента качества. Задачи исследования включают:

- Определение ключевых параметров вовлеченности, влияющих на качество.
- Проведение анализа механизмов воздействия вовлеченности на производственные и качественные метрики;
- Разработку практических рекомендаций по повышению индекса вовлеченности для улучшения производственных результатов.

Вовлеченность сотрудников определяется как степень их эмоциональной и интеллектуальной приверженности задачам организации. Современные подходы предполагают количественную оценку влияния вовлеченности на производственные показатели. Согласно процессному подходу, качество трудового процесса зависит от технологической дисциплины, компетентности сотрудников и рациональной организации процессов [2, 4]. Выявлена высокая корреляция между индексом вовлеченности и производительностью труда (до 0,82), а также его прямое влияние на снижение дефектов и повышение стабильности процессов [3]. В качестве основных параметров вовлеченности можно выделить:

- Лидерство: наличие эффективных руководителей, способных мотивировать и поддерживать сотрудников, четкая постановка задач.
- Командная работа: уровень взаимодействия и поддержки внутри коллектива, участие в улучшениях.
- Обучение и карьерный рост: возможности для профессионального развития.
- Вознаграждение и признание: справедливая система оплаты и нематериального стимулирования.
- Организационная политика: прозрачность процессов, обратная связь, справедливость и участие сотрудников в принятии решений.

Также для оценки вовлеченности можно рассчитать индекс вовлеченности, который рассчитывается как средневзвешенная сумма оценок по указанным параметрам [1]. Вовлечённые сотрудники проявляют инициативу, ответственны за результат и стремятся к совершенствованию процессов. Это выражается в следующих механизмах влияния на производительность и качество:

- Рост производительности: вовлечённые работники выполняют больший объём работы, проявляют гибкость, быстрее осваивают новые навыки и технологии.
- Снижение дефектов и брака: участие в программах совершенствования и технического обслуживания способствует выявлению и устранению причин нестабильности качества.
- Снижение рисков и аварий: более внимательное отношение к технике безопасности и профилактике поломок.
- Улучшение морального климата: снижение текучести кадров и формирование позитивной рабочей среды.

Практическая значимость исследования заключается в разработке рекомендаций, позволяющих интегрировать данные о вовлеченности сотрудников в клиентские системы управления качеством. Авторами предлагается провести следующие действия:

1. Организация программ обучения, повышения.
2. Мотивация и обратная связь: внедрение прозрачных систем вознаграждения и регулярной обратной связи, что усиливает приверженность сотрудников
3. Создание команд по качеству: вовлечение сотрудников в группы для поиска резервов улучшения процессов.
4. Цифровизация процессов оценки вовлеченности: внедрение автоматизированных систем для сбора данных о вовлеченности

Последний шаг является важным на современном этапе развития производства. Показатель вовлеченности должен быть формализован и оцифрован в то время, как существующие методики его оценки носят субъективный и нерегулярный характер. При этом даже стандартные методы оценки вовлеченности (опросы и анализ производственных показателей) показывают свою эффективность. Так, например, на машиностроительном предприятии внедрение системы мониторинга вовлеченности позволило сократить дефекты продукции на 15% и повысить производительность труда на 10% за счет повышения технологической дисциплины и оптимизации процессов [5].

Представленное исследование показало, что интеграция показателя вовлеченности сотрудников в систему менеджмента качества оказывает значительное влияние на качество и производительность производственных процессов. Практические рекомендации, включающие цифровизацию, обучение и мотивацию, способствуют повышению устойчивости и конкурентоспособности предприятий.

Список литературы

1. Faeq D. K. The importance of employee involvement in work activities to overall productivity / D. K. Faeq // International Journal of Humanities and Education Development (IJHED). – 2022. – 4(5). – p.15-26. https://doi.org/10.22161/jhed.4.5.4

2. Каблашова, И. В. Реализация направлений обеспечения качества организации процессов производства / И. В. Каблашова, А. А. Цуканова // Организатор производства. – 2013. – № 1(56). – С. 58-63. – EDN PXJIOF.

3. Ilyukhina, L. Personnel engagement based on quality standards requirements as a factor in modern organization development / L. Ilyukhina, I. Bogatyreva // E3S Web of Conferences: International Scientific Conference «Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East». – Tashkent, Uzbekistan. – 2023. – P. 05021. – DOI 10.1051/e3sconf/202337105021. – EDN IKHRDP.

4. Добрынин, Э. В. Анализ и оценка качества производственных процессов на промышленных предприятиях / Э. В. Добрынин, Н. Н. Голубь // Эффективность организации и управления промышленными предприятиями: проблемы и пути решения. – Курск: ЗАО «университетская книга», 2024. – С. 68-72. – EDN BIDIVJ.

5. Шацких, Е. А. Факторы, влияющие на качество продукции в промышленном производстве / Е. А. Шацких // Альманах современной науки и образования. – 2014. – № 12(90). – С. 140-142. – EDN SYAVAB.

Горобец Ю.А.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
gorobetsyuliya2510@gmail.com
Вячеславова О.Ф.
д. т. н., профессор кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»
Московский политехнический университет
Россия, Москва
vyache-smis@mail.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ КОМПЛЕКТОВАНИЕ ПРОДУКЦИИ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ РОЛЬ В ОБЕСПЕЧЕНИИ КАЧЕСТВА МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ ПОСТАВОК

Аннотация. Данная статья представляет собой обзор технологий автоматизированного складирования. В тексте описаны основные системы, используемые для складского хране-

ния, а также современные тенденции, которые активно внедряются для развития складской инфраструктуры.

Ключевые слова: Склад, автоматизированное складирование, технологии складирования.

Gorobets Y.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
gorobetsyuliya2510@gmail.com
Vyacheslavova O.F.
Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vyache-smis@mail.ru

AUTOMATED PRODUCT ACQUISITION: MODERN TECHNOLOGIES AND THEIR ROLE IN ENSURING THE QUALITY OF INTERSTATE SUPPLIES

Abstract. This article is an overview of automated warehousing technologies. The text describes the main systems used for warehouse storage, as well as current trends that are actively being implemented to develop the warehouse infrastructure.

Keywords: Warehouse, automated warehousing, warehousing technologies.

Современные экономические реалии требуют от предприятий высокой точности, оперативности и надежности в процессе выполнения заказов, особенно в условиях международной торговли. В эпоху глобализации и цифровизации межгосударственные поставки становятся неотъемлемой частью экономического взаимодействия между странами, а их эффективность и качество напрямую зависят от внедрения современных технологий. Одним из ключевых аспектов обеспечения стабильного уровня качества продукции и оптимизации логистических процессов является автоматизация комплектования продукции.

Автоматизированное комплектование продукции представляет собой процесс отбора, упаковки и подготовки товаров с использованием специализированных программных и аппаратных решений [1]. Этот процесс минимизирует влияние человеческого фактора, снижает вероятность ошибок и повышает точность выполнения заказов. В условиях межгосударственных поставок, где требования к качеству и срокам исполнения особенно высоки, автоматизация становится не просто конкурентным преимуществом, а необходимостью для сохранения позиций на рынке.

Предприятия, использующие автоматизированные системы комплектования и управления качеством, сокращают количество дефектов на 30–40 % и увеличивают скорость обработки заказов на 25 % [2]. В международной логистике, где ошибки могут приводить к значительным финансовым потерям и репутационным рискам, автоматизация позволяет не только минимизировать издержки, но и повысить уровень удовлетворенности клиентов.

Несмотря на очевидные преимущества автоматизированного комплектования, многие компании сталкиваются с рядом проблем при внедрении таких систем. Среди них можно выделить высокие первоначальные затраты, необходимость адаптации производственных процессов и обучение персонала. Кроме того, для международных поставок важна интеграция автоматизированных систем с глобальными цепочками поставок и стандартами качества, такими как *ISO 9001*.

Целью данной статьи является анализ современных технологий автоматизированного комплектования продукции и их роли в обеспечении качества.

Одним из ключевых инструментов, обеспечивающих точность и скорость выполнения складских задач, стали системы управления складом. Эти системы автоматизируют весь

цикл работы на складе – от приемки и размещения товаров до их отбора, инвентаризации и отгрузки [2].

Современные WMS (warehouse management system) -системы предлагают широкий функционал, включая управление размещением товара, контроль за его движением, оптимизацию комплектования и отгрузки, а также возможность проводить инвентаризацию в реальном времени. Кроме того, такие системы предоставляют аналитические инструменты для мониторинга ключевых показателей эффективности (KPI), что позволяет компаниям оперативно реагировать на изменения и корректировать процессы [2].

Практическая польза автоматизации подтверждается исследованиями: внедрение WMS-систем позволяет снизить затраты на складские операции на 20-30%, уменьшить количество ошибок до 99% и повысить производительность на 40%. Таким образом, автоматизация не только повышает качество работы склада, но и создает условия для стабильного роста и развития бизнеса [3].

Основные функции WMS-систем включают [3]:

- Управление приемкой и размещением товара;
- Контроль за движением и хранением продукции;
- Оптимизацию процессов комплектования и отгрузки;
- Инвентаризацию в реальном времени;
- Анализ и мониторинг ключевых показателей эффективности (KPI).

На рынке представлены различные решения WMS-систем, отличающиеся по функциональности и степени адаптивности. Одними из наиболее популярных являются EME.WMS и Logistics Vision Suite (LVS). EME.WMS характеризуется комплексностью и высокой точностью выполнения стандартных операций, в то время как LVS отличается гибкостью и возможностью поэтапного внедрения в соответствии с индивидуальными потребностями компании.

Среди наиболее распространенных WMS-систем можно выделить [4]:

EME.WMS – комплексная система, позволяющая автоматизировать все этапы складской деятельности [4]. Ключевые преимущества:

- Оптимизация размещения и учета товарных запасов;
- Поддержка различных методов инвентаризации;
- Интеграция с ERP-системами;
- Сокращение времени на сборку и обработку заказов.

Logistics Vision Suite (LVS) – гибкая и адаптивная система с возможностью поэтапного внедрения [4]. Преимущества:

- Высокая степень адаптации под индивидуальные потребности компании;
- Поддержка комплексного управления складом и логистикой;
- Повышение точности учета и скорости выполнения операций;
- Встроенные инструменты для мониторинга и анализа KPI.

Сравнение систем показывает, что LVS обладает большей гибкостью и возможностями адаптации к новым требованиям, в то время как EME.WMS обеспечивает более надежное решение для стандартных складских операций.

На сегодняшний день автоматизация складских процессов продолжает активно развиваться, отражая современные технологические тренды. Основное внимание уделяется внедрению искусственного интеллекта (AI), машинного обучения (ML) и Интернета вещей (IoT). Эти технологии не только повышают точность и скорость операций, но и делают процессы более адаптивными к изменяющимся условиям глобального рынка. Эти инновации открывают новые горизонты для повышения эффективности, точности и адаптивности складских операций [3].

Интеграция с интеллектуальными системами управления: Использование алгоритмов AI и ML позволяет прогнозировать спрос, оптимизировать запасы и автоматически корректировать процессы на основе анализа больших данных (Big Data). Это снижает вероятность дефицита или избыточного хранения и позволяет оперативно реагировать на изменения в цепочке поставок [4].

Роботизация складских процессов: Автоматизированные комплексы с использованием роботизированных систем обеспечивают бесперебойную работу даже при высоких нагрузках. Современные решения включают автоматические сортировочные линии, роботы для перемещения товаров и автономные транспортные системы (AGV), что сокращает время выполнения операций и минимизирует ошибки [4].

Интернет вещей (IoT) и отслеживаемость в реальном времени: Внедрение IoT-технологий позволяет отслеживать перемещение товаров на каждом этапе логистического процесса. Датчики и RFID-метки обеспечивают полную прозрачность операций, что особенно важно в межгосударственных поставках, где требуется точная и своевременная информация о статусе грузов [4].

Гибкость и масштабируемость WMS-систем: Современные WMS-платформы становятся все более адаптивными, предлагая возможность настройки под специфические бизнес-процессы. Это позволяет компаниям постепенно расширять функционал системы, интегрируя новые модули без необходимости полной модернизации инфраструктуры [4].

Цифровые двойники (Digital Twins): Использование цифровых моделей складских операций позволяет моделировать и тестировать различные сценарии в виртуальной среде. Это дает возможность оптимизировать маршруты, минимизировать простои и прогнозировать потенциальные сбои [4].

Автоматизированное комплектование продукции играет важную роль в повышении эффективности и качества межгосударственных поставок. Внедрение современных WMS-систем позволяет не только оптимизировать складские процессы, но и существенно снизить влияние человеческого фактора, минимизировать ошибки и ускорить выполнение операций.

Анализ современных технологий автоматизированного комплектования показал, что наиболее востребованными решениями являются EME.WMS и Logistics Vision Suite (LVS). Эти системы обладают широким функционалом, включая управление приемкой и размещением товара, контроль за движением и хранением, инвентаризацию в реальном времени и мониторинг ключевых показателей эффективности (KPI). В то время как EME.WMS обеспечивает надежность и комплексное выполнение стандартных операций, LVS отличается высокой степенью адаптивности и возможностью гибкого внедрения, что особенно актуально для компаний с динамично изменяющимися требованиями [4].

Особое внимание в 2025 году уделяется внедрению передовых технологий, таких как искусственный интеллект (AI), машинное обучение (ML) и Интернет вещей (IoT). Эти инновации позволяют прогнозировать спрос, оптимизировать запасы и оперативно реагировать на изменения в цепочке поставок. Роботизация складских процессов и использование цифровых двойников (Digital Twins) открывают новые возможности для повышения производительности и сокращения затрат.

Несмотря на очевидные преимущества, процесс автоматизации требует значительных инвестиций и тщательной подготовки. Успешное внедрение WMS-систем предполагает интеграцию с корпоративными ERP-системами, адаптацию бизнес-процессов и обучение персонала. Однако долгосрочные выгоды, такие как повышение точности комплектования, снижение операционных издержек и повышение клиентской удовлетворенности, компенсируют затраты на внедрение.

Таким образом, автоматизированное комплектование продукции становится неотъемлемой частью современной логистики и международных поставок. Дальнейшее развитие и внедрение передовых технологий будут способствовать повышению конкурентоспособности предприятий и обеспечению высокого уровня качества на всех этапах логистической цепочки.

Автоматизированное комплектование продукции играет важную роль в обеспечении качества при межгосударственных поставках. Внедрение современных WMS-систем позволяет значительно повысить точность, эффективность и прозрачность складских операций, а также оптимизировать затраты. Дальнейшее развитие технологий автоматизации, включая AI и IoT, открывает новые перспективы для повышения конкурентоспособности и обеспечения высокого уровня качества в международной логистике.

Список литературы

1. Дыбская, В. В. Логистика складирования: учебник / В. В. Дыбская. – Москва: ИНФРА-М, 2023. – 559 с.
2. Дыбская, В. В. Проектирование системы распределения в логистике: монография / В.В. Дыбская. – Москва: ИНФРА-М, 2024. – 235 с.
3. Идрисов, Ш. А. Маркетинговая логистика: учебное пособие / Ш. А. Идрисов, А. Ш. Агаева. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 268 с.
4. Маликова, Т. Е. Склады и складская логистика: учебное пособие для вузов / Т. Е. Маликова. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 157 с.

Носкова В.Е.
ассистент Центра проектной деятельности,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
pond5084@gmail.com
Грозовский Г.И.
д.т.н, заместитель генерального директора,
ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность»,
Россия, Москва
grozg@mail.ru
Левина Т.А.
к.э.н., заведующий кафедрой «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
gta03@mail.ru

РАЗРАБОТКА ОТКРЫТОЙ БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Аннотация. Статья посвящена исследованию комплексных адаптивных систем в контексте взаимодействия университетов и высокотехнологичных производств в условиях Индустрии 4.0. Рассматривается роль адаптивной системы менеджмента качества и предлагается разработка открытой базы знаний для оптимизации обмена знаниями. База знаний интегрирует данные университетов и производств, обеспечивая их актуальность и применимость через обратные связи. Выделены характеристики КАС: самоорганизация, иерархичность, динамичность. Описаны структуры рабочих мест университета и предприятия, подчеркивается необходимость унификации данных и управления рисками. Исследование предлагает междисциплинарный подход, объединяющий управление качеством и цифровизацию, для повышения адаптивности и конкурентоспособности организаций.

Ключевые слова: Комплексные адаптивные системы, система менеджмента качества, база знаний, обратные связи, цифровизация, управление качеством знаний.

Noskova V.E.
Teaching Assistant of the Center for Project Activities
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
pond5084@gmail.com
Grozovsky G.I.
Doctor of Technical Sciences, Deputy General Director
JSC NTC Industrial Safety
Russia, Moscow
grozg@mail.ru
Levina T.A.
Candidate of Economic Sciences, Head of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
gta03@mail.ru

DEVELOPMENT OF AN OPEN KNOWLEDGE BASE FOR AN ADAPTIVE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Abstact. The article is devoted to the study of complex adaptive systems in the context of interaction between universities and high-tech industries in the context of Industry 4.0. The role of an adaptive quality management system is considered and the development of an open knowledge base for optimizing knowledge exchange is proposed. The knowledge base integrates data from universities and industries, ensuring their relevance and applicability through feedback. The characteristics of the CAS are highlighted: self-organization, hierarchy, dynamism. The structures of the university and enterprise workplaces are described, and the need for data unification and risk management is emphasized. The study suggests an interdisciplinary approach combining quality management and digitalization to enhance the adaptability and competitiveness of organizations.

Keywords: Integrated adaptive systems, quality management system, knowledge base, feedback, digitalization, knowledge quality management.

Современные условия требуют от различных организаций и систем участия в эволюционном процессе – к непрерывному развитию и перевоплощению в новые системы и организации. Так, начиная еще с 2000-ых годов, возникает термин комплексные адаптивные системы (далее КАС), который начинает повсеместно использоваться.

Теория адаптивных комплексных систем предполагает взаимосвязь между компонентами системы, которые приводят к усложнению реакции комплексных систем на внешнее воздействие. Комплексные системы имеют тенденцию вести себя менее предсказуемо. В свою очередь в комплексных адаптивных системах системы менеджмента также будут являться адаптивными. Любые системы менеджмента будут стремиться к самоорганизации и автономности, чтобы вовремя реагировать и вносить необходимые изменения. Так, адаптивная система менеджмента качества (СМК) нуждается не только в переорганизации системы, но и в ее цифровой трансформации для того, чтобы вся КАС могла отвечать вызовам современного мира.

В условиях Индустрии 4.0 для достижения целей устойчивого развития высокотехнологичным производствам и университетам необходимо эффективно взаимодействовать для развития экономики знаний и внедрения инноваций. Также стоит учитывать, что способность адаптации к изменениям влияет на развитие организаций и на конкурентоспособность. Текущий уровень адаптации университетов и производств, а также их взаимодействие сталкивается с проблемами, например, с фрагментированностью знаний, с недостаточной адаптивностью и уровнем внедрения СМК, с низким или отсутствующим контролем качества образования производствами.

Основной задачей исследования является разработка адаптивной открытой базы знаний (далее АБЗ), которая будет интегрировать данные университетов и производств, позволит решить вышеперечисленные проблемы и вывести взаимодействие субъектов и степень адаптивности к изменениям на следующий уровень. Такая база знаний позволит оптимизировать процессы системы менеджмента качества, обеспечивая их актуальность, доступность и применимость.

Работа опирается на междисциплинарный подход, объединяющий управление качеством, информационные технологии и теорию стратегического планирования, что обеспечивает теоретическую и практическую значимость.

В процессе адаптации к внешним или внутренним факторам в организациях могут возникать новые отношения, структуры или целые подсистемы. Внутри адаптивных организаций необходимо возникают обратные связи, которые образуют зависимости между элементами. Такие зависимости могут повести себя непредсказуемо, и поэтому всей системе необходимо уметь вовремя реагировать и подстраиваться.

Таким образом, можно сказать, что основополагающими характеристиками КАС являются петли обратных связей и их воздействие на причины возникновения нарушений. Петли обратных связей вводят циклический элемент в цепочки исходных событий, который комбинируется с нелинейностью.

Если провести анализ работ [1-6] по созданию и развитию КАС в разных сферах деятельности к единому выводу, то можно выделить следующие характеристики, присущие комплексным адаптивным системам:

1) Большое количество взаимодействующих элементов.

2) Иерархическая структура, обеспечивающая гармоничное взаимодействие элементов.

3) Самоорганизация системы.

4) Динамичность и способность к работе с изменениями.

5) Автономность элементов.

6) Способность реагировать и вносить изменения под воздействием внешних и внутренних факторов.

Высокотехнологичные производства и университеты для того, чтобы отвечать вызовам Индустрии 4.0, уже являются комплексными адаптивными системами.

Можно заключить, что СМК на адаптивных предприятиях (АП) будет также адаптироваться к изменениям, как и вся система, а, следовательно, СМК на АП является адаптивной. Для повышения эффективности АСМК и улучшения взаимодействия между университетами и производствами необходимо разработать адаптивную открытую базу знаний.

Адаптивная база знаний – структурированная база данных, которая наполняется и используются двумя ключевыми участниками: университетом и предприятием. База знаний состоит из людей, техники и информации – знаний. Между этими элементами существуют обратные связи. АБЗ – это прежде всего элемент адаптивной СМК, который позволяет настраивать взаимодействие университетов и производств.

Такая база будет строиться с помощью активного участия преподавателей и специалистов с производств – это могут быть специально подготовленные кадры, структуры или кадры, отвечающие за обучение персонала, но с расширенными обязанностями. Непосредственными получателями знаний являются студенты и сотрудники производств. АП университет с созданной в процессе адаптации АП адаптивной базы знаний можно представить на рисунке 1. Как показано на рисунке с помощью базы знаний будут происходить процессы адаптации не только студентов к новым реалиям, но и преподавателей. В свою очередь сотрудники производств также будут адаптироваться к полученной информации и своевременно реагировать на изменения.

На рисунке 2 показано рабочее место университета и производства на двух уровнях: нулевом и первом. В АП университет, на нулевом уровне представлено базовое рабочее место, участниками которого являются преподаватели и студенты. Нулевой уровень является основополагающим в университете, благодаря ему строится и осуществляется вся остальная деятельность университета. Такое рабочее место создает основу базы знаний, которая напол-

няется благодаря ее участникам. Следует также рассмотреть 1 уровень – рабочее место, который основывается на взаимодействии заведующего кафедрой и ответственного за практику на нулевом уровне иерархии АП. Здесь возникают обратные связи не только между заведующим и преподавателями и студентами, но также и обратные связи с ответственным за практику. Такая база должна состоять в первую очередь из уникальных методик преподавания, научного сектора, проектной деятельности и студентов. Знания в системе динамичны и появляются благодаря ее адаптивности. Взаимодействие между работниками кафедры, которые обмениваются информацией – это, прежде всего, коммуникации, которые образуют знание.

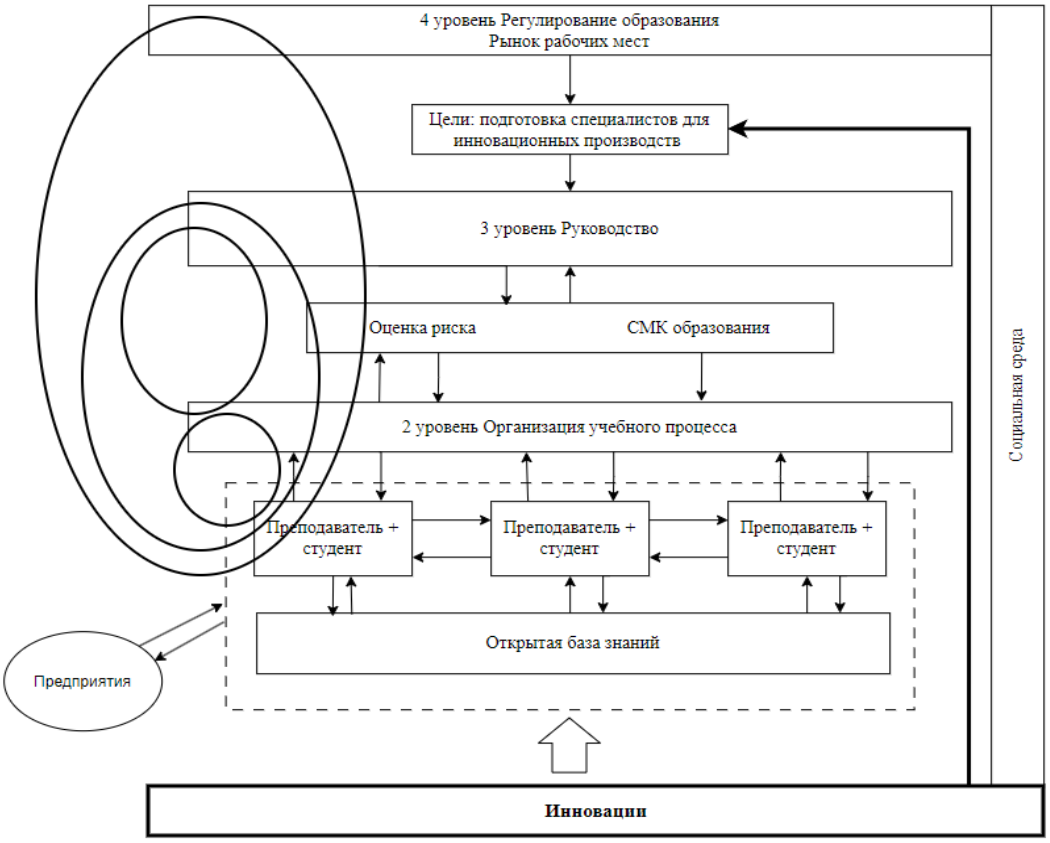


Рис. 1. Комплексная адаптивная система университета с базой знаний

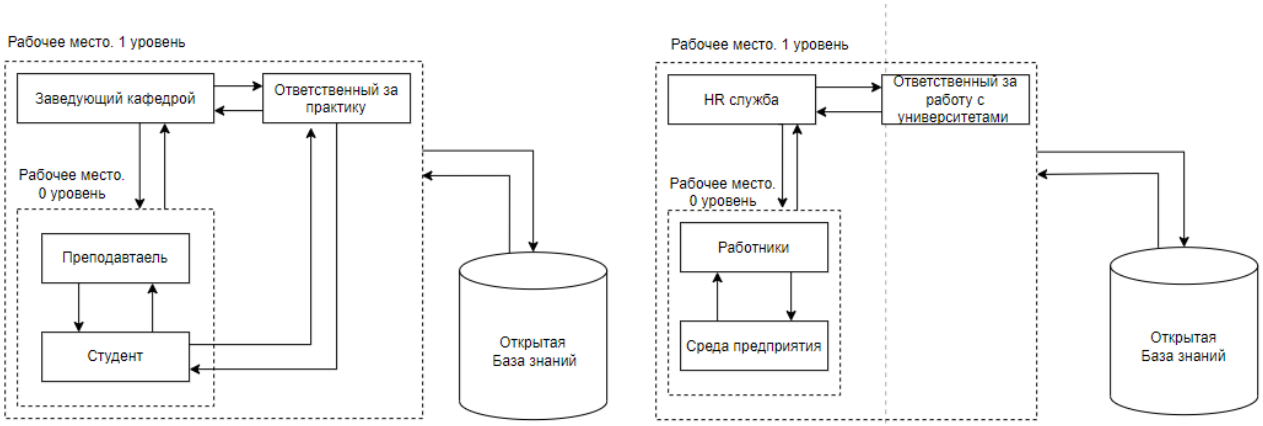


Рис. 2. Рабочее место университета и производства

Нулевой уровень иерархии АП производства представляет собой взаимодействие работников со средой предприятия. Практически каждый сотрудник предприятия взаимодействует с HR службой. Также не стоит забывать, что на многих предприятиях существует ответственное лицо за взаимодействие с университетами. Каждый участник рабочего места несет в себе специфичный ему набор знаний, которые должны наполнять базу знаний всего предприятия.

Общая между предприятием и университетом адаптивная база знаний поможет университетам и предприятиям адаптироваться под любые воздействия. Для непрерывной и правильной работы базы знаний необходимо унифицировать данные, которые будут в ней хранится, и создать культуру обмена знаниями. Необходимо определить набор передаваемых данных, ответственных лиц за передачу информации и за взаимодействие с другой стороной. Также требуется определить процесс оценки качества базы знаний и показатели качества. Не стоит забывать и о работе с менеджментом риска в хранении знаний – следует выявить опасности, которые могут возникнуть.

В статье была рассмотрена актуальность применения концепции комплексных адаптивных систем для совершенствования взаимодействия университетов и предприятий. Предложенная открытая адаптивная база знаний, интегрированная в адаптивную систему менеджмента качества, представляет собой инновационное решение для повышения адаптивности университетов и производств и улучшению их взаимодействия.

Список литературы

1. Калыгина Екатерина Васильевна, Ефремов Виктор Степанович АДАПТИВНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ В КОНТЕКСТЕ ВНЕШНЕЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ // Лидерство и менеджмент. 2019. №3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnost-organizatsii-v-kontekste-vneshney-neopredelennosti

2. Алфакири, А. С. A Framework for Adaptive Capacity in Complex Systems: дис. … д-ра философии (PhD) / А. С. Алфакири; Old Dominion University. – Норфолк, Виргиния: [б.и.], 2020. – 186 с. – DOI: 10.25777/vgvw-8685. – Режим доступа: https://digitalcommons.odu.edu/ emse_etds/179

3. Complex adaptive systems / The Health Foundation. – London: The Health Foundation, 2010. – 28 p.

4. Fidan, T. Managing schools as complex adaptive systems: A strategic perspective / T. Fidan, A. Balcı // International Journal of Educational Management. – 2017. – Vol. 31, No. 6. – P. 679–690.

5. McKenzie, F. Complex Adaptive Systems. Implications for Leaders, Organisations, Government and Citizens / F. McKenzie. – [б.м.]: [б.и.], 2014. – 36 p.

6. Salehi, M. University system as a complex adaptive system / M. Salehi, M. Y. Dozi Serkhabi, J. T. Dariyan, E. S. Omran // International Journal of Management in Education. – 2017. – Vol. 11, No. 3. – P. 227–246.

Клочкова Д.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
ddasha2017@yandex.ru

ПУТИ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые аспекты развития интеллектуальных информационно-измерительных систем (ИИИС) в условиях цифровой трансформации промышленности. Показано, что при высоком уровне цифровизации производственного планирования, проектирования и управления качеством наблюдается отставание на уровне непосредственного измерения и мониторинга физических параметров. Обосновывается необходимость внедрения ИИИС как сенсорного и когнитивного слоя цифрового предприятия, обеспечивающего обратную связь между виртуальной моделью и физическим объектом. Особое внимание уделяется роли искусственного интеллекта в ИИИС – как механизму адаптации, прогнозирования, оптимизации и принятия решений в реальном времени.

Ключевые слова: интеллектуальные информационно-измерительные системы, цифровое производство, искусственный интеллект, автоматизация, мониторинг, Индустрия 4.0, цифровая трансформация, системы поддержки принятия решений, предиктивное управление.

Klochkova D.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ddasha2017@yandex.ru

WAYS OF DEVELOPING INTELLIGENT INFORMATION MEASURING SYSTEMS

Abstact. This article explores the key development paths of Intelligent Information and Measurement Systems (IIMS) in the context of industrial digital transformation. It highlights the technological gap between the well-developed digital systems for design, production, and quality management (e.g., CAD, MES, ERP) and the underdeveloped level of real-time monitoring and physical parameter measurement. The paper substantiates the need for IIMS as the sensory and cognitive layer of the digital enterprise, providing closed-loop feedback between the virtual model and the physical object. Particular attention is paid to the role of artificial intelligence in enabling real-time adaptation, prediction, optimization, and autonomous decision-making.

Keywords: Intelligent Information and Measurement Systems, digital manufacturing, artificial intelligence, automation, monitoring, Industry 4.0, digital transformation, decision support systems, predictive control.

Цифровизация промышленного сектора привела к коренному изменению подходов к проектированию, управлению производственными операциями и взаимодействию с потребителем. На сегодняшний день такие классы цифровых систем, как CAD (Computer-Aided Design), MES (Manufacturing Execution Systems) и CAE (Computer-Aided Engineering), стали неотъемлемыми элементами технологической инфраструктуры современных предприятий. Их повсеместное внедрение обеспечило рост точности проектных решений, снижение производственных издержек, повышение гибкости производственного планирования и усиление аналитической компоненты на всех этапах жизненного цикла продукции.

В дополнение к указанным средствам активно применяются ERP-системы (Enterprise Resource Planning) и QMS (Quality Management Systems), ориентированные на комплексное управление ресурсами и качеством. Эти компоненты формируют архитектурную основу цифрового предприятия и представляют собой ключевые инструменты Индустрии 4.0.

Однако при всей развитости цифровых технологий на уровнях планирования, управления и анализа, наблюдается недостаточная цифровизация на нижнем уровне – уровне измерения и мониторинга физических характеристик объектов и процессов производства. Возникает технологический разрыв между виртуальной моделью изделия и его реальным исполнением. Устранение этого разрыва возможно за счёт внедрения интеллектуальных информационно-измерительных систем (ИИИС), способных не только регистрировать параметры в реальном времени, но и интерпретировать данные в контексте происходящих процессов с опорой на знания и модели.

В ведущих технологических державах отмечается ежегодный рост применения методов искусственного интеллекта в ИИС при решении задач в различных областях (рис. 1).

Интеллектуальные информационно-измерительные системы представляют собой интеграцию измерительных средств, информационных технологий и алгоритмической поддержки принятия решений. В отличие от традиционных измерительных комплексов, ИИИС способны выполнять не только функции сбора и передачи данных, но и осуществлять интеллектуальную интерпретацию информации, оценку состояния объекта и формирование управляющих воздействий.

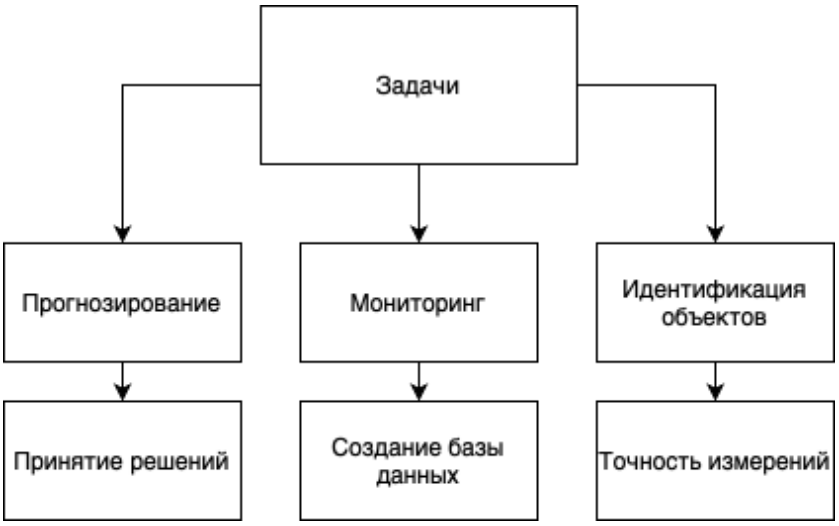


Рис. 1. Схема решения задач при помощи ИИС

Таким образом, ИИИС становятся сенсорным и аналитическим уровнем цифрового производства, замыкающим обратную связь между проектной моделью и физическим объектом. Их интеграция в контуры ERP, CAQ и MES позволяет реализовать принципы предиктивного управления, самокоррекции и адаптации, формируя ядро когнитивного производства.

Функционирование ИИИС в условиях неопределённости, высокой изменчивости производственной среды и больших объёмов неоднородной информации требует применения методов искусственного интеллекта (ИИ). На сегодняшний день ИИ в ИИИС решает следующие критически важные задачи:

- обработка нечеткой, неполной или противоречивой информации;
- адаптация системы к изменяющимся условиям эксплуатации;
- самообучение на основе накопленных данных;
- принятие решений в реальном времени на основе эвристик, моделей и прогнозов;
- выявление отклонений и аномалий на ранней стадии;
- оптимизация режимов измерения и управления.

Эффективность ИИИС напрямую связана с использованием методов искусственного интеллекта (ИИ). Искусственный интеллект охватывает широкий спектр методов и технологий, ориентированных на моделирование интеллектуальной деятельности человека и решение задач в слабо формализуемых предметных областях. Такие задачи, как правило, характеризуются высоким уровнем неопределённости, множественностью факторов и практически бесконечным числом возможных решений. Применение искусственного интеллекта в составе ИИИС позволяет компенсировать ограничения традиционных информационно-измерительных систем, что особенно актуально в динамичных производственных средах, где число параметров и возможных состояний системы делает применение классических алгоритмов неэффективным.

В этом контексте рассмотрены основные направления развития искусственного интеллекта как технологической основы интеллектуализации измерительных систем на рисунке 2.

Особую значимость представляет собой интеграция ИИИС с экспертными системами (ЭС), системами поддержки принятия решений (СППР) и экономическими советующими системами (ЭСС), обеспечивающими когнитивный уровень обработки информации. В таких системах реализуются механизмы логического вывода, обучения, ассоциативного анализа и представления знаний, что позволяет говорить о переходе от автоматизации к интеллектуализации измерительных процессов.

Несмотря на преимущества интеллектуальных информационно-измерительных систем, их внедрение сопровождается рядом ограничений. В частности, отмечаются трудности, связанные с обеспечением высокой оперативности измерений, возможностью комплексного контроля широкого набора параметров, достижением требуемого метрологического уровня точности, а также с обеспечением устойчивости к внешним дестабилизирующим воздействиям.



Рис. 2. Схема предполагаемого пути развития ИИ как технологической основы ИИС

Список литературы

1. Семенов, Н.А. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие / Н.А. Семенов. 2-е изд. Тверь: ТГТУ, 2009. 124 с.

2. Селиванова, З. М. Интеллектуальные информационно-измерительные системы [Электронный ресурс]: учебное пособие / З. М. Селиванова. – Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2024.

3. Спицина, И. А. Мультиагентный метод анализа и синтеза информационных систем: учебное пособие / И. А. Спицина, К. А. Аксенов. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 92 с.

4. Надёжность электронных систем, обеспечивающих нейронные связи искусственного интеллекта в сельскохозяйственном машиностроении / Т. А. Левина, А. В. Шемякин, Я. М. Клочков [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2024. – Т. 16, № 3.

Рахманов Н.И.
аспирант,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
www.nazim98@mail.ru
Мавлютов Э.Р.
аспирант,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
elmmavl@gmail.com

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПО API ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВУЗА И СТОРОННИХ СИСТЕМ: ОПЫТ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОПЕРАТОРА

Аннотация. Взаимодействие информационных систем вузов с внешними сервисами, такими как «Поступление в вуз онлайн» на Госуслугах, требует от операторов значительных усилий для обеспечения точности и своевременности передачи данных. На основе опыта, опи-

санного в работе «Особенности использования взаимодействия по API информационной системы организации и сторонних систем» [1], данная статья фокусируется на автоматизации процессов, выполняемых оператором при выгрузке данных из 1С – университет в Сервис приема. Представлены текущий опыт, проблемы и предложения по автоматизации, направленные на упрощение работы оператора, минимизацию ошибок и повышение эффективности.

Ключевые слова: API, автоматизация, информационная система, 1С, Сервис приема, оператор, интерфейс.

Rahmanov N.I.
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
www.nazim98@mail.ru
Mavlyutov E.R.
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
elmmavl@gmail.com

AUTOMATION OF INTECRATION BETWEEN THE API OF THE UNIVERSITY INFORMATION SYSTEM AND THIRD-PARTY SYSTEMS: EXPERIENS AND SUGGESTION FOR THE OPERATOR

Abstact. The interaction of university information systems with external services, such as Online University Admission in Public Services, requires significant efforts from operators to ensure the accuracy and timeliness of data transmission. Based on the experience described in the work «Features of using interaction via the API of the organization's information system and third–party systems» [1], this article focuses on automating the processes performed by the operator when uploading data from 1C – University to the Reception Service. The current experience, problems and automation proposals aimed at simplifying the operator's work, minimizing errors and increasing efficiency are presented.

Keywords: API, automation, information system, 1C, Reception service, operator, interface.

Взаимодействие информационной системы 1С – университет с Сервисом приема, частью платформы «Поступление в вуз онлайн», является ключевым процессом приемной кампании Московского политехнического университета. Как описано в [1], ранее процесс выгрузки данных требовал значительного ручного участия операторов. На текущий момент процесс полностью автоматизирован и регламентирован: данные автоматически формируются, шифруются, подписываются электронной подписью (ЭЦП) и отправляются в Сервис приема через API без вмешательства человека. Однако в случае возникновения ошибок (например, несоответствие формата данных) оператор по-прежнему должен их отслеживать и исправлять, что создает нагрузку и требует оптимизации.

Цель данной статьи – обобщить опыт операторов при работе с ошибками в автоматизированном процессе выгрузки данных и предложить решения по улучшению мониторинга, диагностики ошибок и интерфейса. Предложения направлены на минимизацию усилий оператора, снижение человеческого фактора и повышение эффективности приемной кампании.

Предыдущий опыт оператора

На основе опыта, описанного в [1], оператор выполнял следующие задачи:

1) Формирование списков данных: Оператор использует специальную обработку в 1С для создания списков данных (например, направления подготовки, параметры кампании), выбирая необходимые элементы вручную.

2) Подготовка и отправка пакетов: После формирования списка оператор инициирует создание пакетов, их шифрование и подписание электронной подписью (ЭЦП). Пакеты отправляются в Сервис приема через API.

3) Контроль статусов: Оператор отслеживает статусы отправленных пакетов («Создан», «Отправлен», «Обработан», «Ошибка») и вручную проверяет причины ошибок.

4) Исправление ошибок: При статусе «Ошибка» оператор анализирует причину (например, несоответствие формата данных) и корректирует пакет.

5) Проверка выгруженных данных: Оператор может вручную сверять данные в Сервисе приема, выгружая их в Excel для анализа.

Текущий опыт оператора

В полностью автоматизированном процессе выгрузки данных оператор выполняет следующие задачи:

1) Мониторинг статусов пакетов: Оператор отслеживает статусы отправленных пакетов («Создан», «Отправлен», «Обработан», «Ошибка») через интерфейс 1С, вручную запрашивая обновления.

2) Анализ и исправление ошибок: При статусе «Ошибка» оператор анализирует причину (например, неверный формат JSON, пропущенные поля) и корректирует пакет вручную.

3) Проверка данных: В случае сомнений оператор сверяет выгруженные данные в Сервисе приема, выгружая их в Excel для анализа.

Автоматизация выгрузки устранила необходимость ручного формирования списков и отправки пакетов, что сократило количество операторов с 2–3 до 1–2. Основная задача оператора теперь – управление ошибками, которые составляют в лучшем случае около 5% всех пакетов.

Проблемы оператора

1) Ручной мониторинг статусов: Оператор должен периодически проверять статусы пакетов в 1С, что занимает до 1 часа в день;

2) Сложности с диагностикой ошибок: Анализ причин ошибок требует глубоких знаний системы и может занимать 30–60 минут на один пакет;

3) Неудобный интерфейс: Интерфейс 1С для работы с ошибками не интуитивен, особенно для новых операторов, что увеличивает время обучения;

4) Отсутствие проактивных уведомлений: Оператор узнает об ошибках только при ручной проверке, что замедляет реакцию;

5) Ограниченная мобильность: Работа с ошибками привязана к рабочему месту с установленной 1С, что снижает гибкость.

Достижения

Автоматизация выгрузки данных позволила:

- Сократить участие операторов в процессе выгрузки до минимального (только обработка ошибок).
- Уменьшить количество операторов с 2–3 до 1–2.
- Снизить общее время работы оператора с 6–8 часов до 2–3 часов в день.

Однако необходимость ручного управления ошибками подчеркивает потенциал для дальнейшей оптимизации.

Предложения по оптимизации работы оператора

Ниже представлены предложения по улучшению работы оператора, сфокусированные на автоматизации мониторинга ошибок, их диагностики и улучшении интерфейса. Каждое предложение включает путь решения, технологии и ожидаемые выгоды.

Автоматизация мониторинга ошибок с проактивными уведомлениями

Это предполагает внедрить систему автоматического отслеживания ошибок в отправленных пакетах с мгновенными уведомлениями оператора через Telegram, чтобы устранить ручной мониторинг.

Путь решения:

Технологии: 1С HTTP-сервисы, Telegram API, Python для обработки уведомлений.

Реализация:

1) Настройка фонового задания в 1С для запроса статусов пакетов через API Сервиса приема каждые 5 минут.

2) Разработка Python-скрипта, который отправляет уведомления в Telegram при статусе «Ошибка», указывая идентификатор пакета, причину и ссылку на пакет в 1С.

3) Создание дашборда в 1С с фильтрацией по статусу «Ошибка» для быстрого доступа к проблемным пакетам.

Преимущества:

- Устранение ручной проверки статусов, сокращающее время мониторинга с 1 часа до нуля.
- Ускорение реакции на ошибки с 10–20 минут до 1–2 минут благодаря уведомлениям.
- Улучшение контроля за процессом без дополнительных усилий.

Автоматизация диагностики и исправления ошибок

Предложение: Разработать модуль автоматической диагностики ошибок с предложением вариантов исправления, чтобы оператор мог быстро принимать решения или подтверждать автоматические корректировки.

Технологии: 1С, Python, JSON Schema для валидации данных.

Реализация:

1) Создание базы знаний типичных ошибок (например, неверный формат даты, пропущенные поля) на основе исторических данных.

2) Разработка Python-скрипта для валидации пакетов по JSON Schema и автоматической генерации исправлений (например, перекодировка дат).

3) Интеграция скрипта с 1С: при статусе «Ошибка» система отображает всплывающее окно с описанием проблемы, предложением исправления и кнопками «Применить» или «Отклонить».

Преимущества:

- Сокращение времени на обработку ошибок с 30–60 минут до 5–10 минут.
- Упрощение работы для операторов с низкой квалификацией.
- Увеличение доли автоматически исправленных ошибок с 0% до 80%.

Пример кода для валидации и исправления:

```
import jsonschema
import json

schema = {
    «type»: «object»,
    «properties»: {
        «campaignId»: {«type»: «string»},
        «date»: {«type»: «string», «format»: «date»}
    },
    «required»: [«campaignId», «date»]
}

def validate_and_correct(data):
    try:
        jsonschema.validate(data, schema)
        return {«status»: «valid»}
    except jsonschema.exceptions.ValidationError as e:
        if «date» in str(e):
            corrected_date = reformat_date(data[«date»])
            return {«status»: «corrected», «new_date»: corrected_date}
        return {«status»: «error», «message»: str(e)}

def reformat_date(date_str):
    # Пример перекодировки даты
    return date_str.replace(«.», «-»)
```

Улучшение интерфейса оператора через веб-приложение

Создать интуитивный веб-интерфейс для мониторинга ошибок, управления исправлениями и проверки данных, доступный с любого устройства, чтобы оператор мог работать удаленно и эффективно.

Технологии: React, Tailwind CSS, 1С HTTP-сервисы.

Реализация:

1) Разработка веб-приложения на React, которое подключается к 1С через REST API для получения данных об ошибках и статусах пакетов (табл. 1 и 2).

2) Создание дашборда с отображением списка ошибок, их описаний, предложений по исправлению и кнопок для подтверждения действий.

3) Настройка адаптивного дизайна с Tailwind CSS для работы на мобильных устройствах.

4) Интеграция с Telegram API для отправки уведомлений и подтверждения исправлений (например, нажатие «Применить» через Telegram).

Таблица 1

Пример кода веб-интерфейса

Панель управления ошибками ID пакета	Ошибка	Действия

Таблица 2

Результаты и ожидаемые выгоды

Результат/ Ожидаемая выгода	Описание	Текущее состояние	После внедрения
Устранение ручного мониторинга ошибок	Автоматические уведомления через Telegram устраняют необходимость ручной проверки статусов пакетов.	1 час в день	0 часов
Ускорение обработки ошибок	Автоматическая диагностика и предложения по исправлению сокращают время анализа и корректировки ошибок.	30–60 минут на ошибку	5–10 минут на ошибку
Повышение удобства работы	Веб-интерфейс, доступный удаленно, упрощает взаимодействие с системой.	10–15 минут на задачу	2–5 минут на задачу
Снижение нагрузки на оператора	Оптимизация процессов позволяет одному оператору эффективно управлять ошибками.	1–2 оператора	1 оператор
Упрощение обучения операторов	Интуитивный интерфейс и автоматизированные подсказки снижают время обучения новых сотрудников.	Высокая сложность обучения	Минимальное время обучения

Преимущества:

- возможность удаленной работы, повышающая гибкость оператора.
- сокращение времени на обучение новых операторов благодаря интуитивному интерфейсу.
- ускорение обработки ошибок с 10–15 минут до 2–5 минут.

Полная автоматизация выгрузки данных из 1С – университет в Сервис приема сделала процесс регламентным и независимым от человеческого вмешательства, за исключением случаев ошибок. Предложенные решения по автоматизации мониторинга ошибок, их диа-

гностики и улучшению интерфейса значительно упрощают работу оператора, минимизируя рутинные операции и ускоряя реакцию на проблемы. Эти улучшения повышают эффективность приемной кампании и снижают нагрузку на персонал. Данные решения являются примером новых решений которых могут быть внедрены данную систему.

Список литературы

1. Мавлютов, Э. Р. Особенности использования взаимодействия по API информационной системы организации и сторонних систем / Э. Р. Мавлютов // Московский политехнический университет. – Москва: Московский политехнический университет, 2023. – 440 с.

2. Арно, Л. Проектирование веб-API / Л. Арно; пер. с англ. Д. А. Беликова. – Москва: ДМК Пресс, 2020. – 440 с. – ISBN 978-5-97060-861-6.

3. Меджуи, М. Непрерывное развитие API. Правильные решения в изменчивом технологическом ландшафте / М. Меджуи, Э. Уайлд, Р. Митра, М. Амундсен. – 2-е изд. – Санкт-Петербург: Питер, 2023. – 368 с. – ISBN 978-5-4461-2086-4.

4. Тельо-Родригес, М. Путеводитель по проектированию удобных Web-API / М. Тельо-Родригес, Х. О. Очаран-Эрнандес, Х. К. Перес-Арриага, К. Лимон, А. Х. Санчес-Гарсия // Труды Института системного программирования РАН. – 2021. – Т. 33, вып. 1. – С. 173–188. – DOI: 10.15514/ISPRAS-2021-33(1)-12.

Матвеев К.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
mka75@bk.ru
Чернова Т.Г.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
Chernova-76@mail.ru

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Аннотация. Статья посвящена анализу трансформации систем управления качеством под влиянием цифровых технологий, таких как искусственный интеллект (ИИ), интернет вещей (IoT) и блокчейн. Рассмотрены ключевые вызовы, включая интеграцию разрозненных данных, сопротивление персонала, киберриски, высокую стоимость внедрения и быструю устареваемость технологий. Особое внимание уделено перспективам цифровизации: предиктивной аналитике, блокчейну для обеспечения прозрачности, облачным решениям, цифровым двойникам и глобальной стандартизации. На примерах компаний Siemens, Bosch, Pfizer и других показаны практические результаты внедрения инноваций. Подчеркивается необходимость синтеза технологий и человеческого капитала, а также важность гибкой регуляции и этических стандартов. Статья адресована специалистам в области управления качеством, цифровым трансформаторам и исследователям промышленных инноваций.

Ключевые слова: цифровизация, управление качеством, искусственный интеллект (ИИ), интернет вещей (IoT), блокчейн, кибербезопасность, предиктивная аналитика, цифровые двойники.

Matveev K.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
mka75@bk.ru
Chernova T.G.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Chernova-76@mail.ru

DIGITALIZATION OF QUALITY MANAGEMENT PROCESSES: CHALLENGES AND PROSPECTS

Abstract. The article analyzes the transformation of quality management systems under the influence of digital technologies such as artificial intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), and blockchain. Key challenges are examined, including the integration of fragmented data, employee resistance, cybersecurity risks, high implementation costs, and rapid technological obsolescence. Particular attention is paid to the prospects of digitalization: predictive analytics, blockchain for transparency, cloud solutions, digital twins, and global standardization. Case studies of companies such as Siemens, Bosch, and Pfizer demonstrate practical outcomes of innovation implementation. The article emphasizes the need for synergy between technologies and human capital, as well as the importance of flexible regulation and ethical standards. This work is intended for quality management professionals, digital transformation specialists, and researchers in industrial innovation.

Keywords: digitalization, quality management, artificial intelligence (AI), Internet of Things (IoT), blockchain, cybersecurity, predictive analytics, digital twins.

Современный мир переживает масштабные преобразования, обусловленные развитием цифровых технологий и инноваций. Эти изменения формируют новую реальность, известную как Четвертая промышленная революция [1], которая характеризуется глубокими сдвигами в области управления качеством продукции и услуг. Переход от традиционных моделей контроля к современным подходам, основанным на данных и искусственном интеллекте, влечет за собой необходимость глубокого переосмысления существующих практик. Данный материал посвящён всестороннему анализу факторов, определяющих особенности управления качеством в период активного распространения цифровых технологий, а также выявлению оптимальных направлений для адекватного ответа на современные вызовы.

Основные тенденции цифровой трансформации

1. Инновационные подходы к качеству

Цифровизация: Одной из важнейших особенностей современной эпохи является массовое распространение цифровых технологий, позволяющее предприятиям получать уникальные возможности для повышения производительности и снижения издержек. Технологические новшества, такие как большие данные, искусственный интеллект и интернет вещей, создают основу для радикального улучшения процесса управления качеством[1].

Облако данных: Важнейшим элементом успешной реализации цифровых инициатив является создание инфраструктуры для сбора, хранения и обработки больших объемов данных. Именно на основе этих данных формируются аналитические инструменты, позволяющие анализировать ситуацию в режиме реального времени и оперативно реагировать на отклонения.

Автоматизированные средства контроля: Автоматизация тестирования и контроля качества снижает влияние человеческого фактора и повышает надежность проверки изделий. Использование роботов и датчиков позволяет создавать замкнутые циклы обратной связи, что ведет к значительному сокращению доли бракованной продукции.

2. Управление данными и принятие решений

Управление большими массивами данных представляет собой важнейшую проблему, стоящую перед предприятиями. Эффективная обработка и интерпретация данных требуют наличия специализированных инструментов и специалистов, обладающих необходимыми компетенциями. Искусственный интеллект играет ключевую роль в анализе данных, обеспечивая автоматическое выявление аномалий и предоставление рекомендаций по устранению недостатков [2].

Проблемы и вызовы цифровизации

Переход к новой цифровой реальности сопровождается целым рядом сложностей, которые оказывают значительное воздействие на стратегию управления качеством. Рассмотрим основные проблемы подробнее.

1. Неэффективность интеграции данных

Одним из существенных препятствий на пути цифровизации является отсутствие эффективной интеграции разнородных источников данных. Корпорации используют различные корпоративные системы, такие как ERP (Enterprise Resource Planning) и MES (Manufacturing Execution System), каждая из которых хранит свою собственную версию данных. Такая фрагментация затрудняет получение целостной картины состояния дел, замедляет принятие решений и усложняет контроль качества.

Например, крупная автомобильная компания Tesla столкнулась с серьезной проблемой в 2018 году, связанной именно с несогласованностью данных между отделами. Неправильно настроенные интерфейсы обмена информацией привели к значительным сбоям в поставке автомобилей покупателям. Подобная ситуация характерна для многих крупных компаний, стремящихся ускорить темпы цифровизации своего бизнеса.

Решение данной проблемы заключается в создании единого информационного пространства, объединяющего различные системы. Платформы типа middleware помогают решить эту задачу путем стандартизации и нормализации данных. Однако подобные проекты требуют значительных финансовых вложений, превышающих доступные ресурсы большинства малых и средних предприятий. Без государственной поддержки и специальных льгот многим таким компаниям придется отказаться от планов по полной цифровизации, что приведет к отставанию в конкуренции [2].

2. Недостаточная поддержка персонала

Человеческий фактор также оказывает серьезное влияние на успех цифровизации. Многие сотрудники воспринимают нововведения как угрозу своему положению в компании. Они опасаются потерять работу из-за замены рутинных задач автоматизированными системами. Исследования консалтинговой фирмы McKinsey показали, что около половины сотрудников считают цифровизацию угрозой своей профессиональной позиции [3].

Эффективное руководство переменами предполагает вовлечение персонала в процесс изменений. Важно создать условия, стимулирующие активное участие работников в разработке и внедрении новых технологий. Одним из эффективных способов является применение методики Kotter Change Model, разработанной Джоном Коттером [4]. Она предусматривает восемь последовательных шагов для успешного проведения преобразований, начиная с этапа осознания необходимости изменений и заканчивая закреплением достигнутых результатов.

3. Угроза кибербезопасности

Растущее число подключенных устройств (Internet of Things, IoT) серьезно осложняет обеспечение информационной безопасности. Количество таких устройств стремительно растет: ожидается, что к 2025 году оно достигнет отметки в 25 миллиардов единиц [5]. Каждое такое устройство потенциально может стать точкой входа для злоумышленника, создающего угрозы производственной среде.

Международные нормативные акты, такие как General Data Protection Regulation (GDPR) и международные стандарты ISO/IEC 27001, устанавливают строгие требования к защите персональных данных и обеспечению конфиденциальности [6]. Компании обязаны соблюдать правила шифрования данных и регулярно проходить процедуры аудита. Нарушение требований законодательства может привести к серьезным штрафам и репутационным потерям.

4. Высокие начальные инвестиции

Еще одним препятствием для полноценной цифровизации является высокая стоимость внедрения инновационных технологий. Полноценное обновление IT-инфраструктуры и приобретение необходимых программных решений требуют значительных капиталовложений. Малые и средние предприятия зачастую оказываются неспособны инвестировать необходимые суммы самостоятельно, что ограничивает их способность конкурировать с крупными корпорациями.

Тем не менее существуют экономически выгодные варианты перехода на цифру. Так, облачные сервисы, предлагаемые такими гигантами, как Google Cloud Quality Management [7], позволяют получить доступ к мощным инструментам аналитики всего лишь за небольшую месячную абонентскую плату. Такой подход доступен даже небольшим компаниям, желающим начать цифровую трансформацию.

Возможности и перспективы цифровизации

Описанные выше вызовы несут в себе не только опасности, но и колоссальные возможности для роста и укрепления позиций на рынке. Рассмотрим некоторые из них подробнее.

1. Предиктивный анализ и автономия принятия решений

Современные датчики и аналитические инструменты способны автоматически обрабатывать поступающие данные и давать рекомендации по исправлению ошибок задолго до появления видимых последствий. Таким образом, предприятие переходит от реактивного подхода к превентивному контролю качества. Компания Siemens активно внедряет систему предиктивного анализа на своих заводах, что позволило ей сократить уровень брака на 25% [8].

2. Блокчейн и аутентификация продукта

Технология блокчейн обеспечивает надежный механизм подтверждения подлинности товара на протяжении всей цепи поставок. Это критически важно для отраслей, чувствительных к контрафакту, таких как фармацевтика и продукты питания. Пример компании Merck демонстрирует практический эффект: использование блокчейн-технологий привело к снижению процента подделок с 12% до 0.3% [9].

3. Создание виртуальных копий производств ("цифровых близнецов")

Концепция "цифрового близнеца" подразумевает создание точной компьютерной копии каждого физического объекта, будь то оборудование завода или готовый продукт. Это позволяет заранее тестировать сценарии эксплуатации и вносить своевременные корректировки. Производитель потребительских товаров Unilever создал цифровые копии всех своих заводов, что помогло ему достичь сокращения выбросов углерода на 15% [10].

Рекомендации по преодолению препятствий

Чтобы успешно пройти путь цифровизации, компании должны учитывать следующие факторы:

- Инвестиции в инфраструктуру передачи и хранения данных, разработка механизмов синхронизации различных систем.
- Активное привлечение квалифицированного персонала, проведение образовательных мероприятий и тренингов для адаптации сотрудников к изменениям.
- Повышение осведомленности руководителей высшего звена о важности и необходимости модернизации процессов управления качеством.
- Формулирование четких целей и показателей оценки эффективности проекта цифровизации.
- Реализация поэтапного плана действий, учитывающего специфику отрасли и размер компании.

Таким образом, цифровизация открывает широкие горизонты возможностей для совершенствования управления качеством, однако эффективное использование этих возможностей возможно только при условии продуманного подхода к развитию соответствующих инфраструктурных элементов и грамотного управления человеческим капиталом.

Список литературы

1. Schwab, K. (2017). The Fourth Industrial Revolution. Crown Business.
2. Smith, T. (2020). Data Integration Challenges in Manufacturing. Journal of Digital Transformation.
3. McKinsey. (2021). Digital Transformation: Closing the Gap Between Expectations and Reality.
4. Kotter, J. (1996). Leading Change. Harvard Business Review.
5. Gartner. (2023). Forecast: IoT Security Market Trends.
6. EU GDPR. (2023). Cybersecurity Compliance Guidelines.
7. Google Cloud. (2023). Quality Management Solutions.
8. Lee, J. et al. (2018). Smart Manufacturing. International Journal of Precision Engineering.
9. Saberi, S. et al. (2019). Blockchain in Supply Chains. International Journal of Production Research.
10. Grieves, M. (2014). Digital Twin: Manufacturing Excellence. White Paper.

Секция 7
СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ КОМПАНИЙ

Мишина Е.М.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
larrrina007@gmail.com
Носкова В.Е.
ассистент Центра проектной деятельности,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
pond5084@gmail.com

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Аннотация. Успешное функционирование предприятия в рыночных условиях невозможно без его устойчивого развития, формирование же механизма устойчивого развития требует комплексной оценки деятельности предприятия, выявления тенденций его развития и динамики основных показателей. В статье автором проведен обзор толкования категории «устойчивое развитие», рассмотрены факторы устойчивости предприятия и ее связь с метрологическим обеспечением.

Ключевые слова: устойчивое развитие, метрологическое обеспечение.

Mishina E.M.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
larrrina007@gmail.com
Noskova V.E.
Assistant of the Project Activity Center
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
pond5084@gmail.com

SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE ENTERPRISE THROUGH IMPROVED METROLOGICAL SUPPORT

Abstact. Successful operation of the enterprise in market conditions is impossible without its sustainable development. The formation of the mechanism of sustainable development requires managers to assess the activities of the enterprise and identify trends in its development and the dynamics of key indicators. In the article the author reviews the interpretation of the category «sustainable development», considers the factors of enterprise sustainability and its relationship to metrological support.

Keywords: sustainable development, metrological support.

Согласно ГОСТ Р 54598.1–2015 [1], устойчивое развитие определяется как развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, не ставя под угрозу возможности будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности. Это определение подчеркивает необходимость баланса между экономическим ростом, экологической ответственностью и социальной справедливостью.

В современных условиях предприятия сталкиваются с множеством вызовов: нестабильность рынков, ужесточение экологических норм, растущие требования потребителей к качеству продукции и прозрачности производственных процессов. В таких условиях устойчивое развитие становится не просто стратегической целью, а необходимостью для долгосрочного выживания и конкурентоспособности компаний.

Устойчивое развитие предприятий с опорой на метрологическое обеспечение

Предприятие представляет собой сложную систему, состояние которой в каждый момент времени определяется множеством разнообразных показателей. Эти показатели могут иметь различную направленность, динамику и тенденции, что делает управление предприятием многогранной и сложной задачей. Устойчивость, как комплексная характеристика состояния предприятия, отражает его способность сохранять эффективность и стабильность в условиях постоянно меняющейся внешней и внутренней среды. Внешние факторы, такие как колебания рынка, изменения законодательства, глобальные экономические кризисы, а также внутренние факторы, включая организационные изменения, технологические инновации и кадровые перестановки, оказывают значительное влияние на функционирование предприятия. В таких условиях устойчивость становится ключевым критерием, определяющим долгосрочное развитие и конкурентоспособность компании.

Для оценки устойчивого развития промышленного предприятия используется широкий спектр показателей, которые охватывают различные аспекты его деятельности. Среди них можно выделить [3] финансово-экономические показатели, такие как рентабельность, ликвидность и финансовая устойчивость, которые отражают способность предприятия генерировать прибыль и поддерживать стабильное финансовое положение. Правовые показатели связаны с соблюдением законодательных норм и стандартов, что особенно важно в условиях ужесточения регулирования и повышения требований к экологической и социальной ответственности. Социальные показатели включают уровень удовлетворенности сотрудников, условия труда и вклад предприятия в развитие местных сообществ, что способствует формированию положительной репутации и укреплению связей с обществом. Организационные и управленческие показатели отражают эффективность внутренних процессов, структуры управления и принятия решений, что напрямую влияет на способность предприятия адаптироваться к изменениям. Маркетинговые показатели, такие как доля рынка, удовлетворенность клиентов и уровень конкурентоспособности продукции, помогают оценить позиции предприятия на рынке и его способность удерживать потребителей.

Особое место среди этих показателей занимают технологические и производственные аспекты, которые включают в себя метрологическое обеспечение. Метрологическое обеспечение играет важную роль в достижении устойчивого развития предприятия, так как оно напрямую влияет на качество продукции, эффективность производственных процессов и рациональное использование ресурсов. Точные измерения и контроль качества, обеспечиваемые метрологическими системами, позволяют минимизировать брак и снизить потери сырья, материалов и энергии, что способствует повышению экономической эффективности. Кроме того, метрологическое обеспечение помогает оптимизировать производственные планы и программы, обеспечивая их соответствие реальным условиям и требованиям рынка. Это позволяет предприятию более гибко реагировать на изменения спроса и адаптироваться к новым вызовам.

Устойчивое развитие промышленных предприятий за счет совершенствования их метрологического обеспечения

Метрологическое обеспечение измерений на производственных объектах представляет собой строго регламентированную систему методов и технических средств, предназначенных для получения достоверных измерительных данных. Эти данные служат основой для принятия управленческих решений, направленных на приведение объекта в требуемое состояние.

Особое значение метрологическое обеспечение приобретает для промышленных предприятий, обладающих значительным парком измерительного оборудования. В данном контексте практическая значимость метрологического обеспечения непосредственно связана с функционированием метрологической службы предприятия. Однако эффективная организация метрологического обеспечения невозможна при использовании устаревших методик и подходов. Анализ практики показывает, что многие предприятия, даже имея собственные метрологические службы, часто не уделяют должного внимания контролю выполнения метрологических задач. Это неизбежно приводит к несоответствию выпускаемой продукции установленным требованиям качества.

Для решения возникающих проблем и повышения точности измерений необходимо внедрение комплексной программы совершенствования метрологического обеспечения производства. Первоочередной мерой в этом направлении должна стать модернизация парка контрольно-измерительного и испытательного оборудования. Применение современных измерительных приборов существенно повышает точность измерений, что в конечном итоге позволяет обеспечить необходимый уровень контроля качества выпускаемой продукции.

Отдельной серьезной проблемой, возникающей при неэффективной организации метрологического обеспечения, является дефицит квалифицированных кадров. По экспертным оценкам, в различных отраслях экономики сегодня работает порядка 120-200 тысяч метрологов. При этом ежегодный выпуск специалистов метрологических специальностей в 4-5 раз ниже реальной потребности промышленности, что создает существенные кадровые ограничения для развития метрологических служб предприятий [5].

Таким образом, для перехода к устойчивому развитию предприятиям необходимо комплексно совершенствовать метрологическое обеспечение. Ключевыми направлениями должны стать модернизация измерительного оборудования, внедрение цифровых технологий и решение кадрового вопроса. Обновление парка контрольно-измерительных приборов позволит повысить точность измерений и качество продукции, что является основой экономической устойчивости. Одновременно требуется преодолеть дефицит квалифицированных метрологов через расширение программ подготовки специалистов и повышение престижа профессии. Только такой системный подход к развитию метрологической службы сможет обеспечить предприятия достоверными измерительными данными, необходимыми для принятия эффективных управленческих решений и достижения баланса между экономическими, экологическими и социальными аспектами производства.

Устойчивое развитие предприятия невозможно без эффективного метрологического обеспечения. Это не просто соблюдение формальных требований, а стратегически важный фактор, влияющий на все аспекты деятельности и обеспечивающий долгосрочный успех. Дальнейшие исследования данной темы будут использованы для совершенствования метрологического обеспечения машиностроительного предприятия ООО «ОМТ».

Список литературы

1. ГОСТ 54598.1-2015. Менеджмент устойчивого развития. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293758/4293758358.pdf (дата обращения: 04.03.2025).

2. ГОСТ 8.820-2013. Метрологическое обеспечение. Основные положения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293774/4293774011.pdf (дата обращения: 04.03.2025).

3. Мацнева Е.А. Научная статья [Электронный ресурс] / Е.Р. Магарил – Екатеринбург: УрФУ, 2012. – Режим доступа: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/54903/1/vestnik_2012_5_003.pdf (дата обращения: 04.03.2025).

4. Д.Н. Безруков, Д.А. Агапов, Н.А. Балашов, Научная статья [Электронный ресурс] – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва, 2022. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_48453938_57146127.pdf (дата обращения: 24.03.2025).

5. Д. Е. Коровин, Г. Н. Мигачева Научная статья [Электронный ресурс] – Екатеринбург: ФГАОУ ВО, 2023. – Режим доступа: https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/41567/1/978-5-91256-560-1_2022_014.pdf (дата обращения: 24.03.2025).

Борисов В.В.
аспирант,
РТУ МИРЭА,
Россия, Москва
zic604.1@mail.ru
Черемухина Ю.Ю.
к.т.н., доцент кафедры проблем управления,
РТУ МИРЭА,
Россия, Москва
cheremukhina@mirea.ru

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ, ПОСТАВЛЯЕМОГО ВНЕШНИМИ ПОСТАВЩИКАМИ В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Аннотация. В статье освещены проблемы управление процессом проектирования и разработки, поставляемого внешними поставщиками в ракетно-космической отрасли. Управление процессом состоит из следующих элементов: разработка алгоритма оценки и выбора внешнего поставщика, методика выбора и управления конфигурациями переданного процесса, обоснование и оценка рисков для каждой конфигурации, разработка и оценка критериев результативности управления процессом проектирования и разработки, поставляемого внешними поставщиками. В целях обеспечения алгоритма оценки и выбора внешнего поставщика была применена методика комплексного показателя оценки и разработаны критерии с учетом требований отраслевых стандартов и стандартов качества, а также особенностей ракетно-космической отрасли. В целях обеспечения управления конфигурациями переданного процесса разработаны критерии для отнесения вида работ к конкретной конфигурации, разработан перечень мероприятий для управления каждой конфигурацией, также для каждой конфигурации идентифицированы и оценены риски, разработаны мероприятия по их парированию. В целях определения результативности процесса разработаны критерии оценки результативности управления процессом, проектирования и разработки, поставляемого внешними поставщиками.

Ключевые слова: управление внешними поставщиками, управления конфигурациями переданного процесса, критерии оценки результативности.

Borisov V.V.
Postgraduate Student
RTU MIREA
Russia, Moscow
zic604.1@mail.ru
Cheremukhina Yu.Yu.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Control Problems
RTU MIREA
Russia, Moscow
cheremukhina@mirea.ru

MANAGING THE DESIGN AND DEVELOPMENT PROCESS SUPPLIED BY EXTERNAL SUPPLIERS IN THE ROCKET AND SPACE INDUSTRY

Abstact. The article highlights the problems of managing the design and development process supplied by external suppliers in the rocket and space industry. Process management consists of the following elements: development of an algorithm for evaluating and selecting an external supplier, a methodology for selecting and managing configurations of the transferred process, justification and risk assessment for each configuration, development and evaluation of performance criteria for

managing the design and development process supplied by external suppliers. In order to ensure the evaluation algorithm and the selection of an external supplier, the methodology of the integrated evaluation indicator was applied and criteria were developed taking into account the requirements of industry standards and quality standards, as well as the specifics of the rocket and space industry. In order to ensure configuration management of the transferred process, criteria have been developed for assigning the type of work to a specific configuration, a list of measures has been developed to manage each configuration, risks have also been identified and assessed for each configuration, and measures have been developed to counter them. In order to determine the effectiveness of the process, criteria have been developed for evaluating the effectiveness of process management, design and development provided by external suppliers.

Keywords: management of external suppliers, configuration management of the transferred process, performance evaluation criteria.

Современная Россия ставит перед собой амбициозные, но достижимые цели долгосрочного развития. Они заключаются в обеспечении высокого уровня благосостояния населения, закреплении геополитической роли страны как одного из лидеров, определяющих мировую политику. Приоритетным направлением стало развитие РКО.

Цель – обеспечение мирового уровня российской космонавтики и закрепление доминирующих позиций России в ракетно-космической области, что отражено в стратегии развития до 2025 г. и на перспективу до 2030 г. ГК «Роскосмос».

Одной из проблем, которую необходимо решить, является результативность управления процессом проектирования и разработки, поставляемого внешними поставщиками. Это связано с тем, что в ракетно-космической отрасли многие компоненты и системы разрабатываются сторонними организациями, поскольку головной исполнитель не всегда владеет ресурсами или необходимыми компетенциями для выполнения ряда работ и эффективное управление процессом, поставляемым внешним поставщиком, позволит улучшить качество и снизить риски.

Другой важной проблемой является наличие требований нормативной документации, отраслевых стандартов и стандартов организаций РКО в части управления процессом проектирования и разработки, поставляемого внешними поставщиками, в ракетно-космической отрасли. При этом готовые методики по реализации данных требований отсутствуют, поэтому каждая организация реализует эти требования по-своему (например: аудит второй стороной в соответствии с требованиями стандартов качества). Наличие четких и строгих требований управления к этим процессам позволит обеспечить высокое качество и надежность продукции, а также увеличить результативность поставляемых процессов

Алгоритм оценки внешних поставщиков в управлении процессом проектирования и разработки в ракетно-космической отрасли с использованием инструментов цифровизации

Ракетно-космическая отрасль является одной из самых сложных и технологически развитых отраслей в мире. Процесс проектирования и разработки требует высокой квалификации и опыта в области науки и техники. В связи с этим, многие компании, работающие в данной отрасли, обращаются к внешним поставщикам для выполнения определенных работ по проектированию и разработке.

Однако выбор поставщика для реализации процесса проектирования и разработки является сложной задачей, которая требует серьезной оценки кандидатов и их компетенций. Ошибки в выборе внешнего поставщика могут привести к серьезным проблемам в процессе проектирования и разработки, а также к потере времени и финансовых ресурсов. Также в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001–2015 [24] процессами, поставляемыми внешними поставщиками, необходимо управлять так же, как и всеми основными процессами системы менеджмента качества (СМК) предприятия.

В результате анализа различных методик оценки поставщиков можно сделать вывод, что ни одна из разработанных методик не соответствует требованиям отраслевых стандартов и стандартов качества, а также не учитывает особенности ракетно-космической отрасли.

Оптимальным методом является разработанный комплексный показатель оценки, сочетающий в себе преимущества метода категорий предпочтения и метода рейтинговых оценок. Он подразумевает наличие обширной и разнообразной информации из множества источников (подразделений организации), что в сочетании с параметром значимости критерия позволяет ранжировать критерии в зависимости от степени влияния на процесс в целом для достижения комплексной оценки и выбора лучшего поставщика (табл. 1).

Таблица 1

Критерии оценки поставщика процесса проектирования и разработки, поставляемого внешними поставщиками

№	Требования	Метод оценки	Ответственный	Критерии оценки	Критерий значимости	Оценка критерия
1	Оценка технических и организационных возможностей	Оценка научно-технического задела организации	Представитель подразделения-куратора и планово-координационного отдела	3 — полностью соответствует; 2 — соответствует; 1 — частично соответствует; 0 — не соответствует	0,3	
2	Оценка финансовой надежности	Финансовая отчетность компании	Представитель договорного отдела	3 — полностью соответствует; 2 — соответствует; 1 — частично соответствует; 0 — не соответствует	0,1	
3	Определение ответственности за качество	Наличие сертификации системы менеджмента качества	Представитель службы системы менеджмента качества и отдела технического контроля	3 — полностью соответствует; 2 — соответствует; 1 — частично соответствует; 0 — не соответствует	0,2	
4	Наличие опыта поставки продукции сопоставимого характера и объема	Ранее сданные работы	Представитель отдела закупок	3 — полностью соответствует; 2 — соответствует; 1 — частично соответствует; 0 — не соответствует	0,1	
5	Наличие кадровых ресурсов	Наличие необходимого количества сотрудников требуемой квалификации	Представитель кадровой службы	3 — полностью соответствует; 2 — соответствует; 1 — частично соответствует; 0 — не соответствует	0,1	
6	Оценка финансовых ресурсов	Анализ представленных предварительных расчетно-калькуляционных материалов	Представитель отдела ценообразования	3 — полностью соответствует; 2 — соответствует; 1 — частично соответствует; 0 — не соответствует	0,2	
	Комплексный показатель оценки:					

На этапе квалификационного отбора и оценки поставщиков следует сформировать экспертную комиссию, состоящую из экспертов подразделений головного исполнителя ОКР; установить требования к продукции; собрать исходные данные, необходимые для поиска возможных поставщиков. Состав экспертной комиссии: представитель подразделения куратора и планово-координационного отдела (для оценки технических и организационных воз-

можностей); представитель договорного отдела (для оценки финансовой надежности); представитель службы СМК и отдела технического контроля (для определения ответственности за качество); представитель отдела закупок (для оценки наличия опыта поставки продукции сопоставимого характера и объема); представитель кадровой службы (для оценки наличия кадровых ресурсов) и отдела ценообразования (для оценки финансовых ресурсов).

На основании исходных данных отделу закупок необходимо сформировать список возможных поставщиков и запросить необходимую для оценки информацию. После этого экспертная комиссия должна провести их оценку по 4-балльной системе в соответствии с представленной ими информацией.

Оценка по каждому критерию формируется как средневзвешенная бальная оценка по следующей формуле (1):

$$О_{к(1…6)} = \sum(К_о * К_з) / \sum К_з \quad (1)$$

где – $О_{к(1…6)}$ – средневзвешенная бальная оценка критерия поставщика; $К_о$ – критерий оценки; $К_з$ – критерий значимости.

По результатам комплексного показателя оценки поставщику присваивается статус (надежный (предпочтение при заключении контракта), приемлемый (контракт возможен), ненадежный поставщик (контракт невозможен)), если статус надежный или приемлемый, дальше поставщик проверятся на соответствие обязательным критериям и происходит финальное решение по поставщику.

В целях улучшения результативности процесса было разработано программно-математическое обеспечение процесса, результат оценки представлен на рисунке 1.

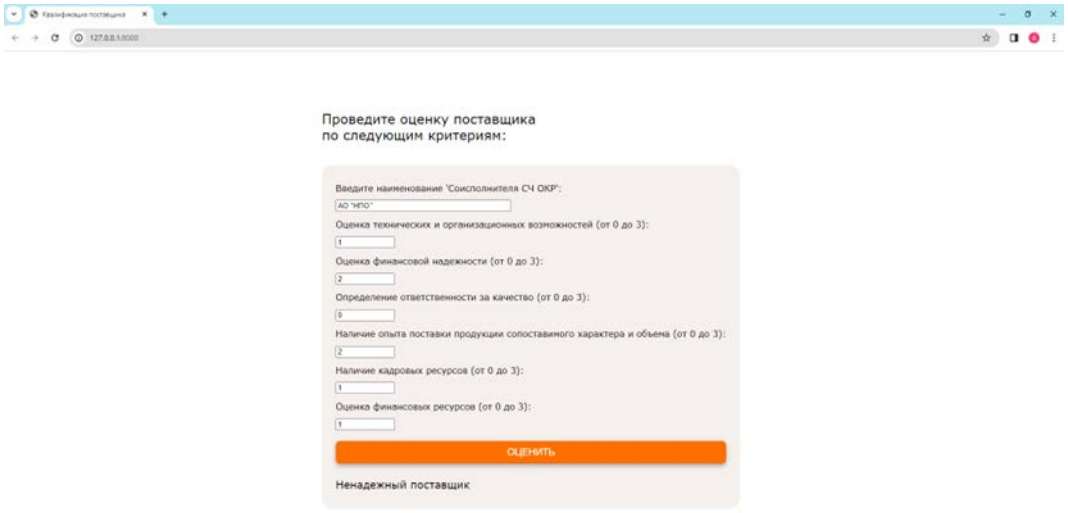


Рис. 1. Результат оценки поставщика процесса проектирования и разработки, поставляемого внешними поставщиками.

Методика управления конфигурациями внешних поставщиков в управлении переданным процессом проектирования и разработки

Не редко в ракетно-космической отрасли выполнение части работ или изготовление изделий, которые технически не могут быть осуществлены головным исполнителем ОКР или это экономически нецелесообразно, передается сторонним организациям (переданные процессы). Поскольку процесс – не продукция, поэтому тут нужно концентрироваться не на характеристиках продукции, а на параметрах протекания процесса. В зависимости от зависимости от важности и сложности переданного процесса степень управления таким процессом может и должна отличаться, так как ресурсы, потраченные головные разработчиком СЧ ОКР на «детальное» управление мелким процессом, могут быть несоизмеримы со стоимостью контракта на выполнение этого переданного процесса.

Для определения классификации процессов будут использованы следующие критерии:

−стоимость контракта по выполнению работ:

−низкая (менее 1 млн руб.);

−средняя (от 1 млн руб. до 50 млн руб.);

−высокая (от 50 млн руб. до 100 млн руб.)

−очень высокая (от 100 млн руб.).

−влияние на выполнение всей СЧ ОКР;

−низкая (соисполнитель выполняет работы по созданию отдельного компонента программного комплекса изделия или сопоставимые по сложности работы);

−средняя (соисполнитель выполняет работы по созданию программного комплекса изделия или сопоставимые по сложности работы);

−высокая (соисполнитель выполняет работы по созданию изделия или аналогичные по сложности работы);

−очень высокая (соисполнитель выполняет работы по созданию всей наземной или космической инфраструктуры или аналогичные по сложности работы).

−репутация поставщика, основанная на опыте уже выполненных контрактов с головным исполнителем ОКР по схожим работам;

−низкая (соисполнитель неоднократно срывал сроки или не укладывался в выделенные финансирование);

−средняя (соисполнитель срывал сроки в рамках допустимых значений без дополнительного финансирования);

−высокая (соисполнитель выполняет работы в срок без выделения дополнительного финансирования).

−наличие научно-технического задела по направлениям предполагаемых работ;

−есть (соисполнитель имеет документальное подтверждение наличия научно-технического задела по данному виду работ);

−нет (у соисполнителя отсутствует документально подтвержденный научно-технический задел по данному виду работ).

−наличие альтернативных соисполнителей, выполняющих данные работы;

−есть (соисполнитель является не единственной организацией, выполняющий данный вид работ);

−нет (соисполнитель является единственной организацией по данному виду работ).

−наличие у соисполнителя сложившихся производственных отношений с вторичной кооперацией (при необходимости)

−есть (соисполнитель имеет вторичную кооперацию);

−нет (у соисполнителя отсутствует необходимость во вторичной кооперации).

Мероприятия, необходимые для управления каждым вариантом конфигураций представлены на рисунке 2.

Выявление и оценка рисков для выявленных конфигураций управления процессом проектирования и разработки, поставляемого внешними поставщиками

В результате оценки всех вероятностей появления и тяжести последствий каждого риска в конкретной конфигурации были составлены карты рисков для каждой конфигурации с составлением плана мероприятий по управлению выявленными рисками (рисунок 3-6).

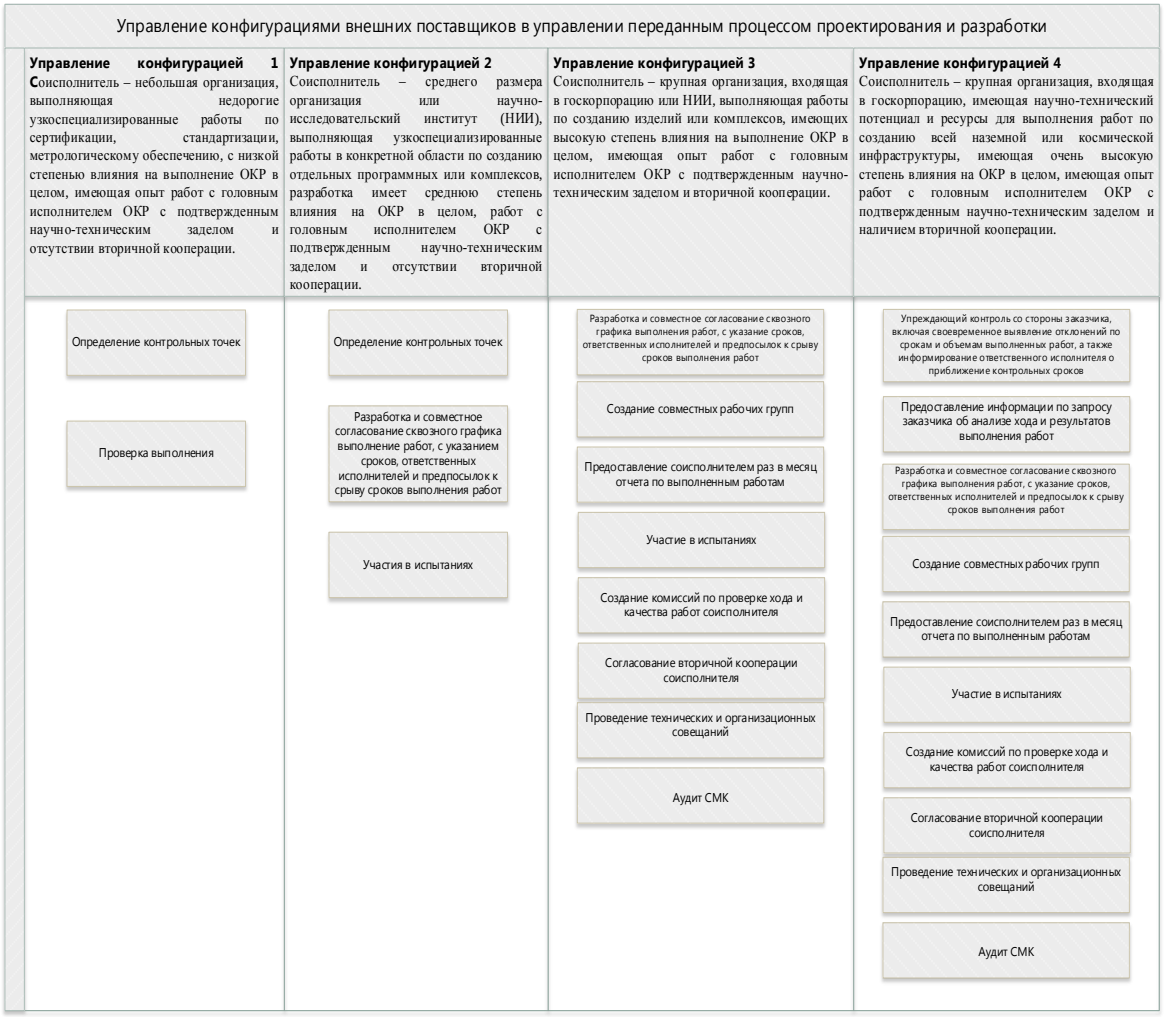


Рис. 2. Методика управления конфигурациями внешних поставщиков в управлении переданным процессом проектирования и разработки



Рис. 3. Управление выявленными рисками для конфигурации 1



Рис. 4. Управление выявленными рисками для конфигурации 2

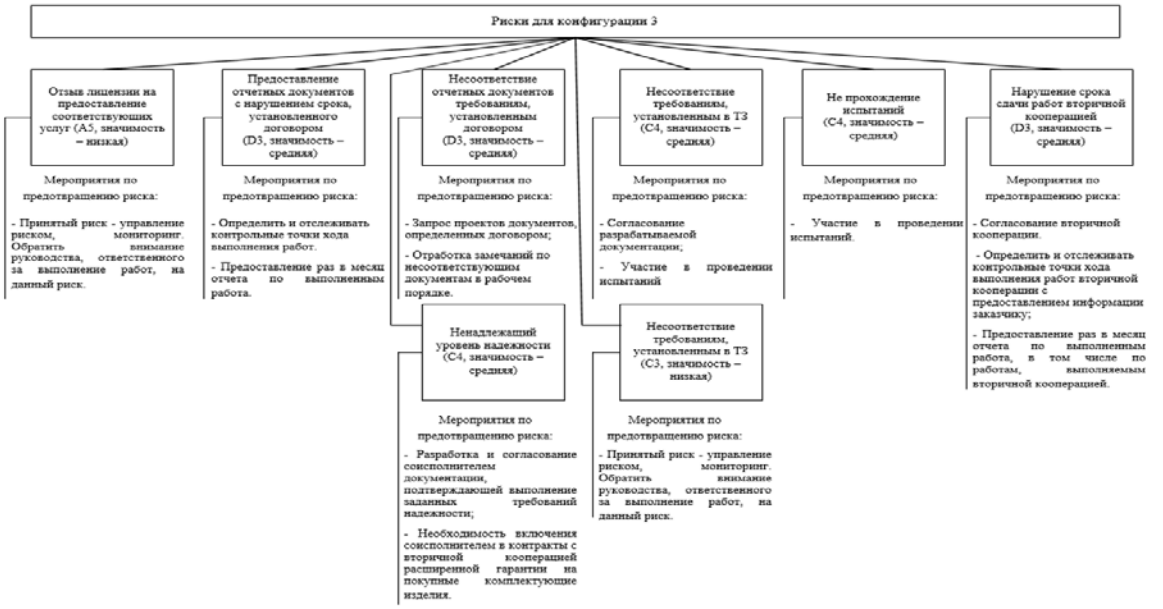


Рис. 5. Управление выявленными рисками для конфигурации 3

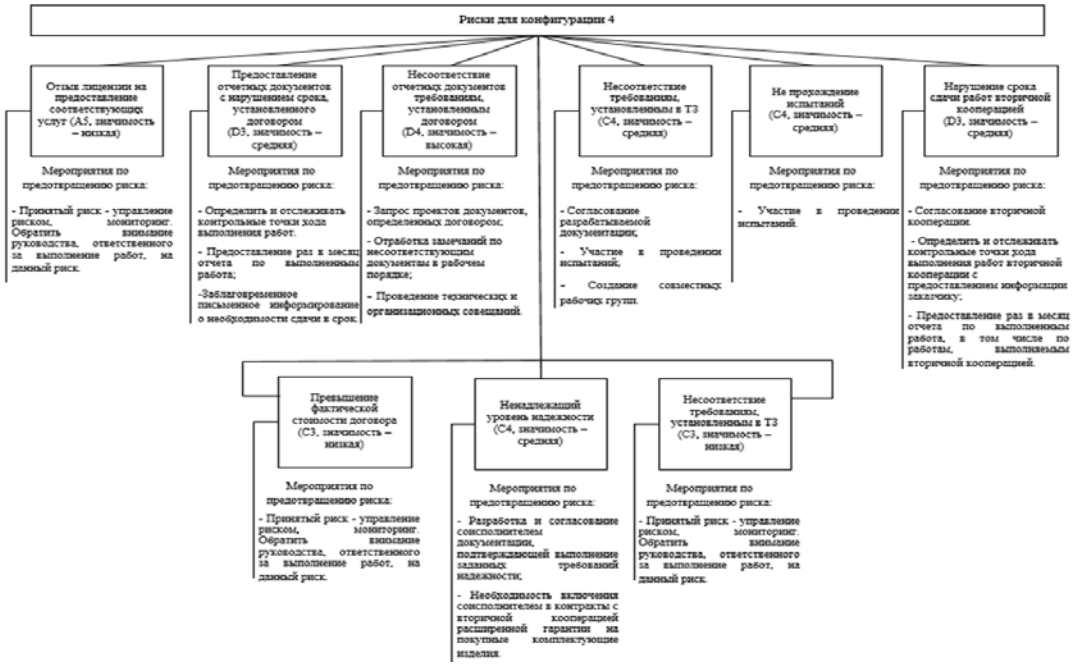


Рис. 6. Управление выявленными рисками для конфигурации 4

Критерии оценки результативности управления процессом, проектирования и разработки, поставляемого внешними поставщиками

Критерий результативности процесса представляет собой количественно выраженный показатель степени достижения запанированных результатов в процессе работы. Результативность процесса характеризует способность процесса достигать запланированных результатов.

При расчете частных критериев результативности используется функциональная форма в виде средневзвешенной оценки.

Базовые коэффициенты частных критериев определены экспертной комиссией и характеризуют значимость i-го частного показателя и принимаются равным значениям, приведенным в таблице 2.

Таблица 2

Базовые коэффициенты частных критериев

№	Обозначение частного критерия	Назначение частного критерия	Базовый коэффициент частного критерия (β)
1	$К_1$	Характеризует затраченные на поиск внешнего поставщика ресурсы	0,7
2	$К_2$	Характеризует удовлетворенность заказчика качеством выполняемых обязательств по контрактам (на этапе разработки и прохождения испытаний)	0,8
3	$К_3$	Характеризует удовлетворенность заказчика качеством выполняемых обязательств по контрактам (на этапе сдачи этапа контракта)	0,73
4	$К_4$	Характеризует удовлетворенность заказчика качеством в процессе эксплуатации.	0,9

Основой расчета критериев результативности должны быть объективные свидетельства (доказательства) значений показателей частных критериев результативности, предоставляемые для анализа в виде планов, отчетов, справок, служебных записок, анкет.

Оценка результативности процесса управления процессом оценки и выбора внешнего поставщика

Оценка результативности включает следующие этапы:

−оценка показателей частных критериев результативности до внедрения авторской методики оценки внешних поставщиков;

−оценка частных показателей результативности по результатам внедрения авторской методики оценки внешних поставщиков;

−оценка результативности процесса управления процессом оценки и выбора внешнего поставщика;

−интерпретация оценки результативности процесса оценки и выбора внешнего поставщика.

Оценка результативности проводится как средневзвешенная оценка по четырем частным критериям результативности $К_1 - К_4$.

Количественная оценка результативности процесса управления процессом оценки и выбора внешнего поставщика проводится по формуле 1:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{4}(\beta_i \cdot К_i)}{\sum_{i=1}^{4}\beta_i} \quad (1),$$

где i – порядковый номер показателя; K_i – значение i-го показателя; β_i – базовый коэффициент i-го показателя, приведенный в таблице 2.

Результаты, полученные в результате оценки частных критериев оценки ($К_1 - К_4$), и количественная оценка результативности процесса управления процессом оценки и выбора внешнего поставщика (K), интерпретация полученных значений K представлена в таблице 3.

Интерпретация полученных значений

Интерпретация полученных значений К представлена в таблице 3.

Таблица 3

Интерпретация полученных значений К

Полученная оценка результативности процесса	Результативность процесса
$K < 0,60$	недопустимая
$0,60 \leq K < 0,75$	допустимая
$0,75 \leq K < 0,85$	достаточная
$0,85 \leq K < 0,95$	высокая
$K \geq 0,95$	очень высокая

В докладе освещены следующие аспекты управления процессом проектирования и разработки, поставляемого внешними поставщиками в ракетно-космической отрасли:

продемонстрирована актуальность в соответствии с действующей Стратегией Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос»;

разработан алгоритм оценки внешних поставщиков в управлении процессом проектирования и разработки в ракетно-космической отрасли с использованием инструментов цифровизации, позволяющий повысить результативность процесса;

разработана методика управления конфигурациями внешних поставщиков в управлении переданным процессом проектирования и разработки, в которой определены 4 варианта конфигурации работы с внешним поставщиком, дан перечень мероприятий, необходимых для управления каждым вариантом конфигураций, а также оценены риски для каждой конфигурации и даны рекомендации по их парированию;

разработаны критерии оценки результативности управления процессом, проектирования и разработки, поставляемого внешними поставщиками, позволяющие оценить результативность внедряемых методик и алгоритмов;

полученные значения результативности процесса после внедрения разработанных методик и алгоритмов увеличились с 0,74 до 0,90, что можно интерпретировать, как улучшение результативности процесса с допустимого значения результативности процесса на высокий уровень результативности процесса. Что свидетельствует об результативности предложенной методики управления процессом оценки и выбора внешнего поставщика.

Список литературы

1. Федеральная космическая программа России на 2016 – 2025 годы [Электронный ресурс]. URL: https://www.roscosmos.ru/22347/ (дата обращения: 20.05.2025).

2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования».

3. ГОСТ Р 58876-2020 «Системы управления качеством в авиационной, космической и оборонной промышленности. Требования».

4. ГОСТР ИСО 17666-2021 «Менеджмент риска. Космические системы».

5. Борисов В.В. Оценка рисков конфигураций переданным процессом в ракетно-космической отрасли / В.В. Борисов, Ю.Ю. Черемухина // Наука и бизнес: пути развития. 2024. №12 (162). – С. 92-99.

6. Борисов В.В Цифровизация процесса оценки поставщиков в ракетно-космической отрасли/ В.В. Борисов, Ю.Ю. Черемухина // Наука и бизнес: пути развития. 2024. №6 (156). – С. 132-136.

7. Борисов В.В., Черемухина Ю.Ю. Разработка конфигураций управления переданным процессом в ракетно-космической отрасли/ В.В. Борисов, Ю.Ю. Черемухина // Стандарты и качество. 2024. № 4 (1042). – С. 82-86.

8. Борисов В.В. Критерии оценки внешних поставщиков в ракетно-космической отрасли / В.В. Борисов, Ю.Ю. Черемухина // Стандарты и качество. 2023. № 4 (1030). – С. 92-97.

Лонцих П.А.
д.т.н, профессор кафедры автоматизации и управления,
ИРНИТУ,
Россия, Иркутск
palon@list.ru
Бободжонов Д.М.
аспирант,
ИРНИТУ,
Россия, Иркутск
jumaboytj@mail.ru
Лонцих Н.П.
к.п.н, доцент кафедры автоматизации и управления,
ИРНИТУ,
Россия, Иркутск
natalonsib@list.ru

ИНТЕГРАЦИЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ РИСКОВ В СИСТЕМУ МЕНЕДЖМЕНТА БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ С ЦИКЛОМ PDSA

Аннотация. В статье представлена разработанная авторами многопараметрическая матрица рисков (МПМР) для системы менеджмента безопасности пищевой продукции, интегрированная с циклом PDSA. МПМР учитывает не только вероятность возникновения и тяжесть последствий, но также экономический ущерб и сложность внедрения корректирующих мероприятий. Практическое применение методики на хлебопекарном предприятии показало, что предложенный подход обеспечивает более точное ранжирование рисков и оптимальное распределение ресурсов что особенно важно в условиях ограниченных инвестиционных возможностей предприятий пищевой промышленности.

Ключевые слова: СМБПП, PDSA, управление рисками, многопараметрическая матрица, FMEA, ГОСТ Р ИСО 22000-2018.

Lontsikh P.A.
Doctor of Technical Sciences, Professor
IRNITU
Russia, Irkutsk
palon@list.ru
Bobodjonov D.M.
Postgraduate Student
IRNITU
Russia, Irkutsk
jumaboytj@mail.ru
Lontsikh N.P.
Candidate of Sciences, Associate Professor
IRNITU
Russia, Irkutsk
natalonsib@list.ru

INTEGRATION OF MULTI-PARAMETER RISK MATRIX INTO FOOD SAFETY MANAGEMENT SYSTEM WITH PDSA CYCLE

Abstact. The article presents a multi-parameter risk matrix (MPRM) developed by the authors for the food safety management system, integrated with the PDSA cycle. The MPRM takes into account not only the probability of occurrence and severity of consequences, but also economic damage and the complexity of implementing corrective measures. Practical application of the methodology at a bakery enterprise demonstrated that the proposed approach provides more accurate risk

ranking and optimal resource allocation, which is especially important in conditions of limited investment capabilities of food industry enterprises.

Keywords: FSMS, PDSA, risk management, multi-parameter matrix, FMEA, ISO 22000-2018.

Интеграция цикла PDSA (P–Планируй, D–Делай, S–Изучай, A–Улучшай) в систему менеджмента безопасности пищевой продукции (СМБПП) предоставляет значительные преимущества по сравнению с традиционным циклом PDCA (P–Планируй, D–Делай, C–Проверяй, A–Улучшай), особенно на этапе «S–Изучай», который подразумевает более глубокий анализ данных и выявление скрытых закономерностей, что соответствует требованиям ГОСТ Р ИСО 22000-2018 о постоянном улучшении СМБПП [1].

Традиционные методы оценки рисков в пищевой промышленности имеют ряд существенных ограничений. Двумерная матрица рисков (вероятность возникновение × тяжесть последствий), широко применяемая в системах ХАССП [2], не учитывает экономические аспекты и сложность внедрения корректирующих мероприятий, что приводит к неоптимальному распределению ресурсов.

Методология FMEA (анализ видов и последствий отказов), хотя и включает третий параметр S–тяжесть последствий × O–вероятность возникновения × D–вероятность обнаружения [3], также не учитывает экономический аспект и сложность внедрения корректирующих мероприятий. Это может приводить к ситуациям, когда ресурсы направляются на решение проблем с высоким RPN–приоритет числа риска, но низкой экономической эффективностью.

Целью исследования является разработка и апробация многопараметрической матрицы рисков (МПМР), интегрированной с циклом PDSA, для повышения эффективности СМБПП. МПМР должна учитывать не только вероятность возникновения и тяжесть последствий рисков, но также экономический ущерб и сложность внедрения корректирующих мероприятий.

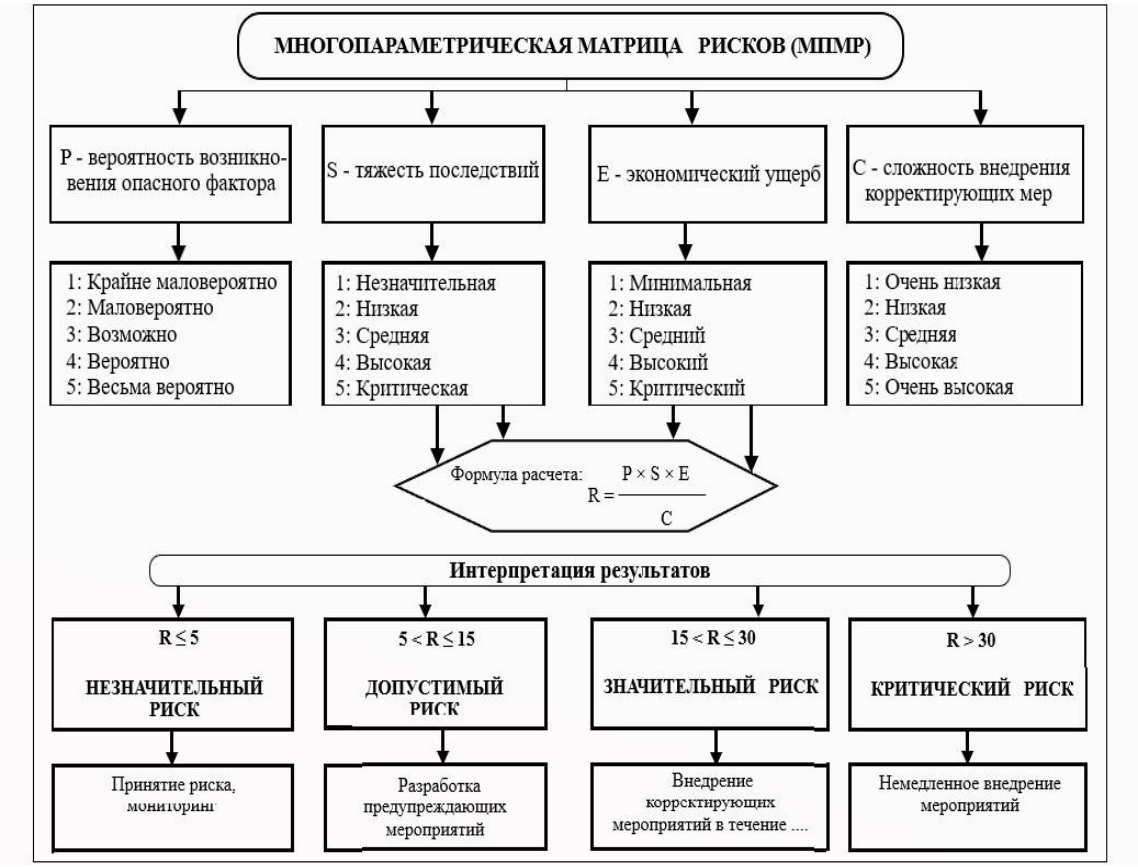


Рис. Структура многопараметрической матрицы рисков (МПМР) для оценки рисков в СМБПП

Для решения поставленной задачи была разработана многопараметрическая матрица рисков, учитывающая четыре ключевых параметра:

P (Probability) – вероятность возникновения опасного фактора;

S (Severity) – тяжесть последствий реализации опасного фактора;

E (Economic impact) – экономический ущерб от реализации риска;

C (Complexity) – сложность внедрения корректирующих мероприятий.

Разработанная структура МПМР представлена на рисунке. Ключевой особенностью данной структуры является интеграция экономических и организационных параметров с традиционными параметрами оценки рисков.

Для расчета комплексного показателя риска (R) предложена формула (1):

$$R = \frac{P \times S \times E}{C} \quad (1)$$

где параметры P, S, E и C оцениваются от 1 до 5.

Особенностью данной формулы является то, что параметр сложности внедрения (C) находится в знаменателе, что отражает обратно пропорциональную зависимость: при прочих равных условиях, риски, для которых корректирующие мероприятия внедряются легче, должны иметь более высокий приоритет.

Для каждого из четырех параметров разработана пятибалльная шкала оценки (от 1 до 5), позволяющая количественно оценить соответствующий аспект риска. Для эффективного использования МПМР в практике управления рисками на предприятиях пищевой промышленности разработана цветовая схема интерпретации результатов (таблица 1).

Таблица 1

Интерпретация значений комплексного показателя риска

Значение R	Уровень риска	Цветовой код	Требуемые действия
R ≤ 5	Незначительный	Зеленый	Принятие риска, мониторинг
5 < R ≤ 15	Допустимый	Желтый	Разработка предупреждающих мероприятий
15 < R ≤ 30	Значительный	Оранжевый	Внедрение корректирующих мероприятий в течение месяца
R > 30	Критический	Красный	Немедленное внедрение мероприятий

Для апробации разработанной методологии была проведена оценка рисков процесса дозирования заквасок на хлебопекарном предприятии Иркутской области с использованием МПМР.

На исследуемом предприятии существующий процесс дозирования заквасок организован следующим образом: закваски готовятся в заквасочном отделении на втором этаже и через систему трубопроводов подаются в помещение тестоприготовления на первом этаже. Тестовод вручную открывает кран, набирает закваску в подкатываемую дежу, контролирует объем визуально или путем взвешивания на весах, после чего закрывает кран и перемещает дежу к тестомесильной машине.

Для проведения оценки рисков была сформирована междисциплинарная группа экспертов, включающая технолога, микробиолога, инженера, экономиста и специалиста по качеству. Результаты оценки представлены в таблице 2.

Таблица 2

Оценка рисков процесса дозирования заквасок с использованием МПМР

№	Опасный фактор	P	S	E	C	(P×S×E)/C	Уровень риска
1	Микробиологическая контаминация закваски	4	5	4	2	40	Критический
2	Неточное дозирование заквасок	5	4	3	1	60	Критический
3	Нестабильность температуры закваски	4	3	3	2	18	Значительный
4	Потери закваски при наборе и транспортировке	5	2	2	1	20	Значительный
5	Физическая нагрузка на персонал	5	2	1	1	10	Допустимый

Применение МПМР позволило выявить, что наиболее критичным риском является неточное дозирование заквасок (R=60), что отличается от результатов традиционного FMEA-анализа, проведенного ранее на том же предприятии, где наивысший приоритет имела микробиологическая контаминация. Это соответствует требованиям ГОСТ Р 51705.1-2024 п. 5.5.3, согласно которому корректирующие действия должны соответствовать последствиям выявленного несоответствия и быть запланированы на основе анализа рисков.

Для выявленных критических рисков (R>30) рекомендовано внедрение автоматизированной системы дозирования заквасок, что соответствует требованиям ГОСТ Р ИСО 22000-2018 п. 8.5.4.3 о методах и периодичности мониторинга, обеспечивающих своевременное выявление нарушений.

Сравнительный анализ МПМР с традиционными методами оценки рисков (таблица 3) показал преимущества разработанной методологии.

Таблица 3

Сравнение методов оценки рисков

Критерий	Традиционная матрица P×S	FMEA (S×O×D)	МПМР (P×S×E/C)
Учет вероятности	Да	Да	Да
Учет тяжести последствий	Да	Да	Да
Учет возможности обнаружения	Нет	Да	Нет (компенсируется параметром P)
Учет экономического ущерба	Нет	Нет	Да
Учет сложности внедрения мероприятий	Нет	Нет	Да
Простота использования	Высокая	Средняя	Средняя
Точность приоритизации рисков	Низкая	Средняя	Высокая
Соответствие требованиям ГОСТ Р ИСО 22000-2018	Частичное	Частичное	Полное
Интеграция с циклом PDSA	Затруднена	Возможна	Полная

Выводы

1. Разработанная МПМР представляет собой инновационный инструмент для оценки и управления рисками в СМБПП, полностью соответствующий требованиям ГОСТ Р ИСО 22000-2018.

2. МПМР обеспечивает более точное определение рисков и оптимальное распределение ресурсов предприятия, что соответствует требованиям ГОСТ Р ИСО 22000-2018 п. 7.1.1 о рациональном использовании ресурсов.

3. Практическое применение МПМР на хлебопекарном предприятии показало, что при учете экономических факторов и сложности внедрения мероприятий приоритеты рисков существенно отличаются от результатов традиционных методов оценки.

4. Интеграция МПМР с циклом PDSA, особенно с этапом «S-Изучай», реализует системный подход к непрерывному совершенствованию СМБПП согласно требованиям ГОСТ Р ИСО 22000-2018 п. 10.2.

5. Предложенная методология может быть адаптирована к различным процессам пищевой промышленности в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51705.1-2024 и ГОСТ Р ИСО 22000-2018.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 22000-2018. Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции. Москва: Стандартинформ, 2019. 42 с.

2. Мортимор С. HACCP: Практические рекомендации / С. Мортимор, К. Уоллес. – Москва: Профессия, 2014. – 520 с.

3. Stamatis, D. H. Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution / D. H. Stamatis. – Milwaukee: ASQ Quality Press, 2003. – 494 с.

4. ГОСТ Р 51705.1-2024. Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования. Москва: Стандартинформ, 2024.

5. Лонцих, П. А. Управление несоответствиями безопасности пищевой продукции на основе принципов HACCP и цикла PDSA / П. А. Лонцих, Д. М. Бободжонов, Е. А. Полонникова [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – Вып. 12. – С. 473-474. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-12-473-474.

Кузнецова К.А.
студент,
Самарский государственный технический университет,
Россия, Самара
k.xenia2001@gmail.com
Федотова И.Ю.
к.т.н., доцент кафедры «Техносферная безопасность и управление качеством»,
Самарский государственный технический университет,
Россия, Самара
fedotova.irur@yandex.ru

МЕСТО ПРОЦЕССА ВЕРИФИКАЦИИ ЗАКУПЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Аннотация. В данной работе рассматривается значимость разработки процессов верификации продукции, поставляемой внешними поставщиками, и их место в системе менеджмента качества организации. Методом мозгового штурма выявлены возможные отказы, которые способны привести к возникновению рисков разной категории значимости, и предложены изменения, с помощью которых можно снизить вероятность возникновения этих рисков или повысить вероятность их обнаружения. С помощью анализа видов и последствий отказов определены значения риска по каждому из отказов и показано, как создание и дальнейшее документирование процесса «Верификация закупленной продукции» может способствовать снижению этих рисков. Предложена блок-схема процесса, которая визуализирует все этапы верификации продукции внешнего поставщика, показывает входы, выходы и ответственных на каждом этапе этого процесса.

Ключевые слова: верификация закупленной продукции, система менеджмента качества, процесс, стандарт организации.

Kuznetsova K.A.
Student
Samara State Technical University
Russia, Samara
k.xenia2001@gmail.com
Fedotova I.Yu.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technosphere safety and quality management
Samara State Technical University
Russia, Samara
fedotova.irur@yandex.ru

PLACE OF THE PROCESS OF VERIFICATION OF PURCHASED PRODUCTS IN THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Abstact. This paper examines the importance of developing verification processes for products supplied by external suppliers and their place in an organization's quality management system.

Using the brainstorming method, possible failures that can lead to the occurrence of risks of different categories of significance are identified, and changes that can be used to reduce the probability of occurrence of these risks or increase the probability of their detection are proposed. By analyzing the types and consequences of failures, risk values for each of the failures are determined and it is shown how the creation and further documentation of the process «Verification of purchased products» can help to reduce these risks. A flowchart of the process is proposed that visualizes all stages of verification of products of an external supplier, showing inputs, outputs and responsible persons at each stage of this process.

Keywords: verification of purchased products, quality management system, process, standard of organization.

Верификация закупленной продукции занимает ключевое место в любом производственном процессе. Термин «верификация» означает процесс проверки того, что установленные требования были выполнены [1], поэтому целью проведения верификации закупленной продукции является создания уверенности в том, что продукция внешнего поставщика соответствует установленным требованиям нормативной документации и документации на поставку, а значит ее можно отпускать в производство, ведь на качество конечной продукции изготовителя негативного влияния она не окажет.

При создании системы менеджмента качества (далее – СМК) организация руководствуется стандартами серии ИСО 9000. В ГОСТ Р ИСО 9001-2015 пункт 8.4 «Управление процессами, продукцией и услугами, поставляемыми внешними поставщиками» говорится о том, что организация должна обеспечивать соответствие продукции внешних поставщиков установленным требованиям [2]. Поэтому разработка процесса, связанного с проведением проверок закупаемой продукции, является одним из обязательных элементов СМК. Еще одним нормативным документом, требования которого необходимо учитывать при создании процесса управления продукцией внешнего поставщика в организации, является ГОСТ 24297-2013, устанавливающий основные требования в области верификации закупленной продукции [3].

Верификация закупленной продукции включает в себя приемку продукции и проведение ее входного контроля, при этом приемка продукции является важной частью бухгалтерской деятельности организации, а входной контроль – производственного процесса.

При отсутствии в организации сформулированной процедуры верификации закупленной продукции создается риск пропуска в производства сырья с несоответствующим уровнем качества, что может привести к ошибкам в управленческих решениях и снижению качества продукции или услуг, нарушению требований безопасности и лишним затратам организации.

Методом мозгового штурма [4] были выявлены возможные отказы, с которыми может столкнуться организация. Далее для более глубокого анализа слабых мест, связанных с этой процедурой, был проведен анализ видов и последствий отказов (далее – FMEA-анализ) [5], который позволяет определить причины и последствия выявленных отказов, а также показывает, какое влияние будет оказываться на приоритетное число риска (далее – ПЧР) при внедрении процедуры. Фрагмент FMEA-анализа для металлических комплектующих изделий приведен в таблице 1.

По результатам FMEA-анализа руководством организации было принято решение разрабатывать процесс «Верификация закупленной продукции». Определено, что он является частью производственного процесса и в СМК организации он относится к обеспечивающим процессам.

В результате всех проведенных работ по созданию этого процесса в организации был разработан стандарт организации (далее – СТО), который учитывает не только требования стандартов ГОСТ Р ИСО 9001-2015 и ГОСТ 24297-2013, но и специфику организации, для деятельности которой разрабатывается СТО.

Таблица 1

Фрагмент FMEA-анализа организации, проводящей входной контроль металлических комплектующих изделий

Вид потенциального отказа	Последствия потенциального отказа	Потенциальная причина отказа	ПЧР до изменений	Рекомендуемые изменения
Несоответствие комплектности изделий, прошедших приемку	Приостановка производства из-за нехватки необходимых ресурсов	Проверка комплектности не была проведена на этапе приемки изделия	126	Разработка процедуры проведения приемки, содержащей требования к проверке комплектности поставок закупаемой продукции. Ведение журнала учета поступающей на приемку продукции
Дефекты поверхности изделий, прошедших входной контроль (коррозия, царапины и пр.)	Негативное влияние на работоспособность готовой продукции	Отсутствие эталонов для контроля изделия по качественным показателям	120	Разработка процедуры проведения входного контроля, разработка формы контрольных листов для регистрации видов дефектов. Ознакомление персонала, проводящего входной контроль, с эталонами изделий
Несоответствие геометрических параметров изделий, прошедших входной контроль (высота, диаметр и пр.)	Затраты на переделку брака	Отсутствие калибров с подтвержденными метрологическими характеристиками	224	Разработка процедуры проведения входного контроля, разработка формы контрольных листов для регистрации видов дефектов. Ознакомление персонала, проводящего входной контроль, с конструкторской документацией на проверяемое изделие
Неправильное хранение закупленной продукции	Изменение свойств изделия, влияющих на качество готовой продукции	Отсутствие требований к хранению	150	Разработка процедуры, регламентирующей требования к хранению закупленной продукции
Использование неактуальной информации	Принятие неверных решений	Недостаток знаний в сфере государственного регулирования	288	Отслеживание состояния документов на официальных государственных ресурсах

На рисунке представлена блок-схема процесса верификации закупленной продукции.



Рис. Блок-схема процесса «Верификация закупленной продукции»

После внедрения изменений, предложенных в результате FMEA-анализа, ПЧР для каждого из отказов был рассчитан повторно. Результат приведен в таблице 2.

Таблица 2

Расчет ПЧР после внедрения предложенных изменений

Вид потенциального отказа	ПЧР после изменений	Соотношение ПЧР до/после изменений
Несоответствие комплектности изделий, прошедших приемку	48	2,625
Дефекты поверхности изделий, прошедших входной контроль (коррозия, царапины и пр.)	45	2,667
Несоответствие геометрических параметров изделий, прошедших входной контроль (высота, диаметр и пр.)	84	2,667
Неправильное хранение закупленной продукции	54	2,778
Использование неактуальной информации	128	2,250

При внедрении предложенных изменений ПЧР снижается минимум в 2 раза, что свидетельствует об их результативности. Видно, что разработка процессов верификации закупленной продукции и их документирование в форме СТО может привнести значительные улучшения в деятельность организации, к которым относится обеспечение качества продукции, минимизация рисков, оптимизация затрат и повышение эффективности операций.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9000 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – Введ. 01.11.2015. – М.: Стандартинформ, 2019 – С. 18.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования. – Введ. 01.11.2015. – М.: Стандартинформ, 2015 – 32 с.
3. ГОСТ 24297-2013 Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля. – Введ. 01.01.2014. – М.: Стандартинформ, 2019 – 16 с.
4. ГОСТ Р 58771-2019 Менеджмент риска. Технологии оценки риска. – Введ. 01.03.2020. – М.: Стандартинформ, 2020 – 90с.
5. ГОСТ Р 27.303-2021 Надежность в технике. Анализ видов и последствий отказов. – Введ. 01.01.2022. – М.: ФГБУ «РСТ», 2021 – 70 с.

Куценко И.А.
аспирант,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
kucenko_mail@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

Аннотация. В статье анализируются современные подходы к нормативно-методическому обеспечению контроля качества в производстве автомобильных шин. Рассматриваются международные стандарты ISO 9000, ISO/TS 16949 и национальные регламенты, определяющие требования к системе менеджмента качества на шинных предприятиях. Особое внимание уделяется методам статистического контроля и мониторинга технологических процессов, направленным на минимизацию дефектов и обеспечение стабильности характеристик продукции. Оценивается эффективность применения автоматизированных систем управления качеством, включая технологии машинного зрения, системы статистического контроля процессов (SPC) и цифровое моделирование (CAE). Представлены современные методы инспекционного контроля, направленные на соответствие продукции нормативным требованиям. Определены ключевые тенденции развития систем управления качеством в шинной промышленности, ориентированные на повышение надежности и долговечности автомобильных шин. Подчеркивается важность комплексного подхода к контролю качества, включающего стандартизацию технологических процессов, применение цифровых технологий и совершенствование методов анализа эксплуатационных характеристик продукции.

Ключевые слова: качество продукции, контроль, стандартизация, ISO 9000, автомобильные шины, статистический контроль, управление качеством.

Kutsenko I.A.
Postgraduate Student
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
kucenko_mail@mail.ru

FEATURES OF REGULATORY AND METHODOLOGICAL SUPPORT FOR QUALITY CONTROL OF AUTOMOBILE TIRE PRODUCTION

Abstact. The article analyzes modern approaches to regulatory and methodological quality control in the production of automobile tires. The international standards ISO 9000, ISO/TS 16949 and national regulations defining the requirements for the quality management system at tire enterprises are considered. Special attention is paid to methods of statistical control and monitoring of

technological processes aimed at minimizing defects and ensuring the stability of product characteristics. The effectiveness of automated quality management systems, including machine vision technologies, statistical process control (SPC) systems, and digital modeling (CAE), is being evaluated. Modern methods of inspection control aimed at product compliance with regulatory requirements are presented. The key trends in the development of quality management systems in the tire industry have been identified, focused on improving the reliability and durability of automobile tires. The importance of an integrated approach to quality control is emphasized, including the standardization of technological processes, the use of digital technologies and the improvement of methods for analyzing product performance.

Keywords: product quality, control, standardization, ISO 9000, automobile tires, statistical control, quality management.

Уровень конкурентоспособности предприятия и его экономическая эффективность в значительной степени определяются качеством выпускаемой продукции [11, С. 940]. В промышленном производстве, по мнению Е. Ф. Линкевич, А. В. Савостьянова, включая производство автомобильных шин, обеспечение стабильного уровня качества продукции приобретает особую значимость, при этом важно использование методов, обеспечивающих точность, воспроизводимость и надежность технологических процессов [10, С. 36]. А. Б. Дремов утверждает, что для шинной промышленности, где качество продукции напрямую влияет на безопасность эксплуатации автотранспорта [9, С. 110]. Р. М. Давыдов указывает на важности внедрения систематизированных методов контроля и управления качеством [8, С. 62]. Основной предпосылкой данного подхода является понимание того, что стабильное функционирование технологических процессов непосредственно определяет соответствие продукции установленным нормативным требованиям [7, С. 81]. В этой связи концепция управления качеством претерпела значительные изменения, сместив акцент с традиционного контроля характеристик конечной продукции на управление качеством всей производственной системы в целом.

Определение и системный анализ современных методологических подходов к контролю качества в производстве автомобильных шин с акцентом на нормативные требования, статистические методы, автоматизированные системы мониторинга и инспекционные технологии, обеспечивающие соответствие продукции международным стандартам.

Для обеспечения стабильного качества и конкурентоспособности шинной продукции необходимо внедрение современных технологических решений и соблюдение международных стандартов ISO 9000 [1]. Пятая версия стандарта ISO 9001:2015 была официально опубликована Международной организацией по стандартизации в сентябре 2015 года. Соответственно, российская версия ГОСТ Р ИСО 9001-2015 была принята 1 июня 2016 года и вступила в силу 1 июля 2016 года [2]. Эффективное управление качеством предполагает системный контроль на всех этапах производства, оперативное выявление и устранение дефектов. Оценивается эффективность автоматизированных систем управления качеством, включая технологии машинного зрения, системы статистического контроля процессов (SPC) и цифровое моделирование (CAE) (табл.).

В автомобильной промышленности контроль качества регулируется стандартами ISO/TS 16949, VDA 6.1, EAQF и QS-9000. ГОСТ Р ISO/TS 16949-2009 адаптирован к российским условиям и регламентирует особые требования к производителям шин. Инспекционный контроль играет ключевую роль в обеспечении соответствия нормативным требованиям и снижении дефектов.

Статистический контроль производства шин базируется на методах многокритериального анализа. В соответствии с ISO 9001:2015 применяются: описательная статистика, планирование экспериментов, проверка гипотез, карты статистического контроля процессов, регрессионный анализ. Эти методы обеспечивают минимизацию дефектов, повышение эксплуатационных характеристик продукции и соответствие установленным требованиям. Автоматизация контроля качества, интеграция цифровых технологий и совершенствование анализа эксплуатационных характеристик способствуют развитию шинной промышленности и соответствию международным стандартам.

Таблица

Применение SPC и CAE в производстве шин и соответствующие стандарты

Метод	Параметры шинного производства	Соответствующие стандарты
SPC (Statistical Process Control)	Контроль стабильности технологических процессов	ISO 9001:2015, ISO/TS 16949:2009, ГОСТ 5513-2010
	Выявление отклонений в параметрах шин	ISO 9000:2015, ГОСТ 426-77, ГОСТ 4754-2017
	Контроль однородности резиновых смесей	ISO 9001:2015, ISO 28580:2018, ГОСТ 5514-2018
	Анализ дефектов на производственной линии	ISO/TS 16949:2009, ГОСТ 4754-2017, ГОСТ Р 52289-2019
	Мониторинг качества вулканизации	ISO 9004:2009, ГОСТ 426-77, ГОСТ 5513-2010
CAE (Computer-Aided Engineering)	Моделирование структуры каркаса шины	ISO/TS 16949:2009, ГОСТ 5513-2010
	Оптимизация состава резиновых смесей	ISO 9001:2015, ГОСТ 5514-2018
	Анализ сопротивления качению шин	ISO 28580:2018, ГОСТ 4754-2017
	Оценка износостойкости и долговечности	ISO 9004:2009, ГОСТ 426-77, ГОСТ 5514-2018
	Тестирование сцепных характеристик	ГОСТ 4754-2017, ГОСТ Р 52289-2019

Статистические методы являются неотъемлемой частью современного управления качеством и широко применяются в шинной промышленности. Они регламентированы международными стандартами, включая ISO 9004:2012, и позволяют повышать стабильность характеристик продукции. В условиях растущей конкуренции и необходимости обеспечения надежности шин особую значимость приобретают методы прогнозирования отклонений технологических процессов и их своевременной корректировки.

Развитие цифровых технологий способствует совершенствованию контроля качества. Интеграция машинного зрения, систем статистического контроля процессов (SPC) и методов цифрового моделирования (CAE) позволяет повысить точность диагностики дефектов, снизить уровень брака и улучшить эксплуатационные характеристики шин. В результате обеспечивается не только соответствие продукции установленным стандартам, но и повышение ее долговечности и экономической эффективности производства.

Анализ нормативно-методического обеспечения контроля качества в шинной промышленности показывает, что внедрение международных стандартов, таких как ISO 9000 и ISO/TS 16949, является ключевым фактором обеспечения стабильности характеристик продукции. Автоматизированные системы управления качеством, включая технологии машинного зрения, системы статистического контроля процессов (SPC) и цифровое моделирование (CAE), способствуют повышению точности диагностики дефектов, сокращению уровня брака и улучшению эксплуатационных характеристик шин.

Таким образом, дальнейшее совершенствование механизмов контроля качества в шинной промышленности должно основываться на интеграции передовых методов оценки, стандартизации процессов и автоматизации мониторинга, что позволит не только соответствовать международным требованиям, но и повысить конкурентоспособность продукции на рынке.

Список литературы

1. ISO 9000:2015 «Системы менеджмента качества – Основы и словарь».

2. ISO 9004:2009 «Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации – Подход, основанный на менеджменте качества».

3. ГОСТ 426-77 «Шины. Методы лабораторных испытаний».
4. ГОСТ 4754-2017 «Шины пневматические для легковых автомобилей. Общие технические условия».
5. ГОСТ 5514-2018 «Шины пневматические для грузовых автомобилей. Общие технические условия».
6. ГОСТ Р ISO/TS 16949-2009 «Системы менеджмента качества. Особые требования к организациям, занимающимся проектированием, разработкой, производством и обслуживанием автомобильной продукции».
7. Гришанова С. С. Метрология, стандартизация и управление качеством / С. С. Гришанова, Т. М. Борисова, Д. К. Панкевич. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2020. – 162 с.
8. Давыдов Р. М. Экологические аспекты безопасности при производстве шин / Р. М. Давыдов // Устойчивость материалов к внешним воздействиям, 2023. – С. 60-64.
9. Дремов А. Б. История создания автомобильных шин / А. Б. Дремов // САМИТ – 2020. – Курск: ЮЗГУ, 2020. – С. 109-113.
10. Линкевич Е. Ф. Теоретические подходы к качеству продукции как главному фактору обеспечения конкурентоспособности предприятия / Е. Ф. Линкевич, А. В. Савостьянова // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 72-3. – С. 35-38.
11. Овчинникова К. К. Разработка предложений по повышению конкурентоспособности продукции предприятия / К. К. Овчинникова, Н. В. Привалова // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. – Красноярск, 2024. – С. 939-941.
12. Рогаткин А. Ю. Предложения по пересмотру стандарта ISO 9000 / А. Ю. Рогаткин // Методы менеджмента качества. – 2024. – № 6. – С. 62.

Полкуев Р.Н.
аспирант,
РГАТУ имени П.А. Соловьева,
Россия, Рыбинск
rpolkuev@yandex.ru
Иванова И.В.
к.т.н., доцент кафедры «Организация производства и управление качеством»,
РГАТУ имени П.А. Соловьева,
Россия, Рыбинск

КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК В РОССИИ: СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются современные вызовы коммерциализации научных разработок в России и пути их преодоления. Анализируются ключевые барьеры: недостаточное участие частного сектора, разрыв между наукой и бизнесом, нехватка венчурного капитала и слабая инфраструктура для трансфера технологий. Исследуется эволюция коммерциализации, начиная с советского периода, и влияние государственных программ на развитие инновационной экосистемы. Рассматриваются международные практики и предлагаются меры по стимулированию инвестиций, развитию предпринимательской культуры среди ученых и созданию благоприятной институциональной среды. Работа делает акцент на необходимости интеграции науки в экономику и повышения конкурентоспособности российских технологий на мировом рынке.

Ключевые слова: коммерциализация, наука, инновации, трансфер технологий, инвестиции, предпринимательство, экономика.

Polkuev R.N.
Postgraduate Student
RGATU named after P.A. Solovyov
Russia, Rybinsk
rpolkuev@yandex.ru
Ivanova I.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department
of Production Organization and Quality Management
RGATU named after P.A. Solovyov
Russia, Rybinsk

COMMERCIALIZATION OF SCIENTIFIC DEVELOPMENTS IN RUSSIA: CURRENT CHALLENGES AND SOLUTIONS

Abstact. The article examines the current challenges of commercialization of scientific developments in Russia and ways to overcome them. The key barriers are analyzed: insufficient participation of the private sector, the gap between science and business, lack of venture capital and weak infrastructure for technology transfer. The article examines the evolution of commercialization since the Soviet period and the impact of government programs on the development of the innovation ecosystem. International practices are reviewed and measures are proposed to stimulate investment, develop an entrepreneurial culture among scientists, and create a favorable institutional environment. The work focuses on the need to integrate science into the economy and increase the competitiveness of Russian technologies in the global market.

Keywords: commercialization, science, innovation, technology transfer, investment, entrepreneurship, economics.

Препятствия для коммерциализации научных разработок

Коммерциализация научных разработок в России – критически важная задача в условиях глобальной конкуренции. Этот вопрос особенно актуален в свете мировых тенденций научно-технического прогресса и поиска эффективных решений для глобальных проблем. Однако лишь 10-15% разработок доходят до стадии коммерциализации, что значительно ниже, чем в странах с развитыми инновационными экосистемами, таких как США и Германия [НИУ ВШЭ, ИЭ РАН, 2023, с. 45]. Низкая коммерциализация науки обусловлена не только недостатком финансирования, но и институциональными разрывами между исследователями и бизнесом. В России отсутствуют эффективные механизмы интеграции научных разработок в бизнес-практику, из-за чего достижения науки редко доходят до производства. Тем не менее, в последние годы наблюдаются положительные сдвиги: объем внутренних затрат на исследования и разработки в 2023 году достиг 1,6 трлн рублей, увеличившись на 213,9 млрд рублей. Это свидетельствует о росте внимания к научной деятельности, однако остается необходимость устранения ключевых барьеров.

Основные препятствия:

1. Низкое участие частного сектора – его доля в финансировании НИОКР составляет 33% (505 млрд руб. в 2023 г.), что вдвое ниже, чем в США [Росстат, 2023, с. 25]. Причины: отсутствие налоговых льгот и сложности с защитой интеллектуальной собственности.

2. Господство государственного финансирования – 66,6% затрат покрываются бюджетом [РВК, 2023, с. 18], что снижает гибкость и адаптивность исследований к рыночным потребностям.

3. Низкая наукоемкость экономики – 0,96% против 6% в Израиле и 5,2% в Южной Корее [PwC, 2023, с. 32], что отражает слабую интеграцию науки в экономику.

Для преодоления этих барьеров необходимо стимулировать частное финансирование и улучшать взаимодействие науки и бизнеса.

Исторический аспект: эволюция коммерциализации в России

История коммерциализации научных разработок в России имеет глубокие корни, но её современный этап начал формироваться после 1991 года. В СССР научные достижения внедрялись в рамках плановой экономики, где государство было основным заказчиком. После перехода к рыночной экономике возникла необходимость перестройки научно-исследовательской системы.

1990-е: Кризис и поиск новых путей

На фоне экономического спада финансирование науки сократилось на 80%, что привело к «утечке мозгов» и закрытию институтов. Попытки создать технопарки (например, «Зеленоград») были малоэффективны из-за отсутствия инфраструктуры. Однако появились первые частные стартапы, такие как «Лаборатория Касперского» (1997).

2000-е: Рост государственных инициатив

Государство запустило программы:

- «Национальная образовательная инициатива» (2005) – интеграция науки и образования;
- «Инновационная Россия» (2011–2020) – развитие технологического предпринимательства [Минобрнауки РФ, 2023, с. 12].

В 2010 году создан Фонд «Сколково», который к 2023 году привлек более 500 млрд рублей и выпустил 50+ компаний-«единорогов» [Технопарк «Идея», 2023, с. 15].

Однако проекты сталкивались с проблемами:

- Недофинансирование – бюджет «Инновационной России» составлял 0,3% ВВП (Южная Корея – 4,5%) [НИУ ВШЭ, ИЭ РАН, 2023, с. 78].
- Разрыв между наукой и бизнесом – университеты фокусировались на фундаментальных исследованиях [Кожевников, Смирнов, 2023, с. 20].

2010-е: Интеграция с глобальным рынком

Вступление в ВТО (2012) привлекло международные инвестиции, появились венчурные фонды (RVC), корпорации начали создавать R&D-центры. Однако санкции 2014 года замедлили интеграцию, вызвав развитие импортозамещения (например, проект «Эльбрус» получил 30 млрд рублей).

2020-е: Цифровая трансформация

С 2021 года реализуется Стратегия научно-технологического развития РФ**.** Ключевые шаги:

1. Создание 38 центров трансфера технологий (2021–2024), заключивших 4,8 тыс. контрактов с бизнесом.
2. Закон о «цифровых инновациях» (2022), упрощающий патентование и налоговые льготы.
3. Рост частных инвестиций (505 млрд рублей в 2023, +18% к 2022).

Текущие проблемы и уроки истории

Остаются системные барьеры:

- Низкая патентная активность – только 5% российских патентов доходят до рынка (США – 25%).
- Региональный дисбаланс – 80% центров сосредоточены в Москве, Санкт- Петербурге и Татарстане.
- Менталитет – 60% учёных не готовы к предпринимательским рискам.

Россия движется от государственно-центричной модели к рыночной, но процесс остаётся незавершённым. Рост стартапов и частных инвестиций демонстрирует потенциал, однако для прорыва необходима не только финансовая поддержка, но и культурная трансформация научного сообщества.

Анализ собранных данных: выявление ключевых проблем

Анализ данных позволил выделить основные барьеры коммерциализации научных разработок в России. Среди ключевых проблем респонденты отмечают слабую интеграцию науки и бизнеса, институциональные ограничения, финансовые и ментальные факторы. По опросу, 70% исследователей и предпринимателей [НИУ ВШЭ, ИЭ РАН, 2023, с. 34] считают

главным препятствием недостаточное взаимодействие научного сообщества с индустрией. Причина – дефицит информации о рыночных потребностях и отсутствие маркетинговых стратегий. Исследование Института экономики РАН (2023) подтверждает: лишь 12% российских НИИ имеют отделы маркетинга [Fraunhofer ISI, 2022, с. 45], тогда как в Германии этот показатель достигает 78%. В университетах проблема усугубляется отсутствием предпринимательской культуры. По данным Кожевникова (2021), 60% студентов не рассматривают коммерциализацию научных идей как карьерный путь [Кожевников, 2021, с. 50], и только 8% студентов технических специальностей участвуют в программах технологического предпринимательства [НИУ ВШЭ, 2023, с. 28].

Ключевые причины:

- Учебные программы ориентированы на теорию, а инновационный менеджмент включён лишь в 15% дисциплин.
- Отсутствие мотивации преподавателей: поощрение студенческих стартапов поддерживается лишь в 15% случаев.

Программа «Стартап как диплом» (2020) в 30 вузах позволила студентам защищать бизнес-проекты, но её эффективность ограничена: только 5% проектов получают финансирование.

Инфраструктурные ограничения

Недостаток площадок для тестирования остаётся критическим фактором. Лишь 30% регионов имеют доступ к современным испытательным центрам, что приводит к:

- Задержкам вывода продуктов на рынок (в России – 18 месяцев, в ЕС – 6 месяцев).
- Высокому инвестиционному риску: без сертификации 80% стартапов не могут привлечь ранние инвестиции.

Позитивный пример – технопарк «Идея» (Татарстан), где 45% резидентов успешно вывели продукты на рынок в 2023 году.

Финансовые и правовые барьеры

Высокие затраты на патентование: в России оформление патента стоит 250 тыс. рублей – на 25% дороже, чем в Европе [ВОИС, 2023, с. 60]. Лишь 5% российских патентов доходят до промышленного применения (в США – 25%). Дефицит венчурного капитала: в 2023 году наукоемкие стартапы получили 1,2 млрд долларов инвестиций – в 280 раз меньше, чем в США [РВК, 2023, с. 40] (табл.).

Таблица

Сравнительные показатели коммерциализации научных разработок [Источник: составлено автором по данным РВК, 2023; PwC, 2023]

Показатель	Россия	США	Германия
Доля патентов, внедрённых в рынок	5%	25%	18%
Венчурные инвестиции	1,2 млрд $	340 млрд $	12 млрд $
Доступность испытательных центров	30%	95%	85%

Пример: стартап «БиоМедТех» разрабатывал нейроимплант, но процесс патентования в России занял два года и потребовал 4 млн рублей. В результате проект перенесён в Швейцарию, где получил 10 млн долларов инвестиций.

Региональная асимметрия

80% технопарков и центров трансфера технологий сосредоточены в Москве, Санкт-Петербурге и Татарстане. В регионах:

- В Новосибирской области только 15% стартапов получают гранты.
- В Приморском крае компании вынуждены тестировать технологии в Китае, увеличивая затраты на 40%.

Госпрограмма «Развитие инновационных кластеров» (2022–2030) планирует создать 50 технопарков, но за два года реализовано лишь 7 проектов из-за недостатка финансирования.

Ментальные барьеры

По данным НИУ ВШЭ (2023), 60% исследователей не готовы к предпринимательству из-за:

- Страха провала: 75% считают, что неудача негативно отразится на научной репутации.
- Недостаточной информированности: только 20% знакомы с программами поддержки, такими как Фонд «Сколково».

Рекомендации:

- Введение курсов по управлению предпринимательскими рисками в университетах.
- Разработка интерактивных «карт возможностей» с актуальной информацией о грантах, инвесторах и мерах поддержки.

Проблемы и практические предложения

Исследование выявило ключевые барьеры коммерциализации научных разработок в России:

Недостаточная поддержка трансфера технологий. Лишь 20% российских вузов имеют офисы трансфера технологий, тогда как в развивающихся странах этот показатель достигает 90% [Кожевников, Смирнов, 2023, с. 22]. Однако создание сети центров трансфера технологий уже увеличило число лицензионных соглашений между наукой и бизнесом.

Ограниченное финансирование. Только 5% стартапов получают инвестиции на ранних стадиях, что препятствует инновационному росту [РВК, 2023, с. 50]. Инвесторы не готовы к рискам, связанным с новыми разработками, поэтому важно развивать механизмы поддержки.

Образовательный барьер. Лишь 10% ученых обладают предпринимательским опытом, что снижает их способность адаптировать разработки к рыночным требованиям. Многие исследователи не владеют знаниями в области коммерциализации и маркетинга.

Инфраструктурные ограничения. Дефицит испытательных и сертификационных центров затрудняет тестирование технологий, задерживая их выход на рынок. Однако расширение центров трансфера технологий и увеличение госфинансирования науки создают предпосылки для улучшения ситуации.

Восприятие рисков. Инвесторы и предприниматели не всегда готовы к неопределенности, связанной с новыми технологиями, что усложняет привлечение финансирования.

Для повышения уровня коммерциализации в России важно выстроить эффективную систему взаимодействия науки и бизнеса, создать стимулы для предпринимателей и ученых, а также интегрировать научные исследования с рыночными потребностями. Это повысит конкурентоспособность российской экономики на глобальном уровне.

Путь к успешной коммерциализации

Исследование выявило ключевые барьеры и перспективы коммерциализации научных разработок в России. Несмотря на рост госфинансирования науки до 1,6 трлн рублей в 2023 году, доля частных инвестиций остаётся низкой – 33%, что значительно уступает развитым странам. Стартапы сталкиваются с ограниченным доступом к финансированию, а институциональная инфраструктура слабо развита: в большинстве вузов отсутствуют офисы трансфера технологий, что приводит к невостребованности патентов. Взаимодействие науки и бизнеса остаётся слабым, а согласование совместных проектов затянуто. Кроме того, образовательные программы не готовят специалистов, способных внедрять научные разработки в рынок: лишь немногие студенты и учёные обладают компетенциями в области маркетинга и технологического предпринимательства.

Для решения этих проблем требуется комплексный подход:

Финансовая поддержка. Создание фонда стартовых грантов (аналог SBIR) с бюджетом 50 млрд руб. в год [NSF, 2023, с. 70], предоставляющего гранты до 10 млн руб. на докоммерческие разработки. Одновременно следует ввести налоговые льготы для корпораций, инвестирующих в НИОКР.

Инфраструктурное развитие. Расширение сети испытательных центров, особенно на Дальнем Востоке и Северном Кавказе. В университетах и НИИ необходимо создать офисы коммерциализации, а также единую цифровую платформу для взаимодействия учёных, инвесторов и промышленности.

Образование и кадровая политика. Внедрение курсов по управлению инновациями в магистратуре и аспирантуре [МГУ, 2023, с. 30], грантовая поддержка учёных-предпринимателей. Запуск информационной кампании о примерах успешной коммерциализации.

Региональная политика. Создание межрегиональных кластеров, объединяющих вузы и предприятия, а также программы субсидирования инновационных компаний в малых городах.

Реализация этих мер позволит повысить долю коммерциализированных патентов, привлечь инвестиции, создать рабочие места и укрепить позиции России на глобальных рынках. В долгосрочной перспективе успешная коммерциализация научных разработок снизит сырьевую зависимость экономики и повысит качество жизни.

Таким образом, коммерциализация науки должна стать стратегическим приоритетом государственной политики. Только консолидация усилий государства, бизнеса и научного сообщества позволит России занять лидирующие позиции в инновационной экономике.

Список литературы

1. НИУ ВШЭ, ИЭ РАН. Барьеры взаимодействия науки и бизнеса. – М., 2023. – 120с.
2. Институт экономики РАН. Анализ эффективности коммерциализации. - М., 2023. – 95 с.
3. НИУ ВШЭ. Инновационная активность студентов. – М., 2023. – 64 с.
4. Кожевников М.И. Образование и инновации. – 2021. – №4. – С. 45-60
5. МГУ им. Ломоносова. Учебный план магистратуры. – М., 2023. – 60 с.
6. Кожевников М.И., Смирнов А.В. университетское управление. – 2023. - №2. – С. 15-25
7. Fraunhofer ISI. Science Marketing in Germany. – 2022. – 89 p.
8. NSF. Higher Education in Science. – 2023. – 80 p.
9. Минобрнауки РФ. Отчет о программе «Стартап как диплом». – М., 2023. - 50 с.
10. Росстат. Инфраструктура поддержки инноваций. – М., 2023. – 68 с.
11. Европейская комиссия. Барьеры коммерциализации технологий. - Брюссель, 2023. – 45 с.
12. РВК. Анализ венчурного рынка России. – М., 2023. – 72 с.
13. Технопарк «Идея». Годовой отчет 2023. – Казань, 2023. – 40 с.
14. ВОИС. Мировой отчет по интеллектуальной собственности. – Женева, 2023. – 120 с.
15. PwC. Global Venture Capital Report. – Нью-Йорк, 2023. – 95 с.

Попов Д.В.
к.э.н, доцент кафедры «Экономика и управление предприятием»,
МГТУ «СТАНКИН»,
Россия, Москва
Желудков Е.В.
аспирант,
МГТУ «СТАНКИН»,
Россия, Москва
gman_egor@mail.ru

СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА КАК ДРАЙВЕР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ, СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ

Аннотация. В условиях глобальных вызовов, связанных с изменением климата, социальным неравенством и экономической нестабильностью, интеграция систем менеджмента качества (СМК) в стратегии устойчивого развития становится критическим фактором долгосрочной конкурентоспособности компаний. Статья посвящена анализу взаимосвязи СМК и принципов устойчивого развития (ESG) на основе системного подхода. Рассмотрены теоре-

тические аспекты адаптации стандартов ISO 9001 к требованиям экологической и социальной ответственности, а также проведено эмпирическое исследование на примере 20 компаний промышленного сектора. Результаты демонстрируют, что внедрение СМК способствует сокращению ресурсопотребления на 15–20%, повышению лояльности сотрудников и снижению репутационных рисков. Предложена модель интеграции СМК с ESG-критериями, включающая этапы аудита, целеполагания и мониторинга. Практическая значимость исследования подтверждается кейсами внедрения в компаниях РФ.

Ключевые слова: системы менеджмента качества, устойчивое развитие, ISO 9001, ESG-принципы, корпоративная социальная ответственность, экологическая эффективность, стратегическое управление.

Popov D.V.
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Enterprise Management
MSTU «STANKIN»
Russia, Moscow
Zheludkov E.V.
Postgraduate Student
MSTU «STANKIN»
Russia, Moscow
gman_egor@mail.ru

SUSTAINABLE DEVELOPMENT: ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL, SOCIAL, AND ECONOMIC IMPACTS

Abstact. In the context of global challenges such as climate change, social inequality, and economic instability, the integration of Quality Management Systems (QMS) into sustainable development strategies has become a critical factor for the long-term competitiveness of companies. This article analyzes the relationship between QMS and Environmental, Social, and Governance (ESG) principles using a systematic approach. It examines the theoretical aspects of adapting ISO 9001 standards to meet environmental and social responsibility requirements and presents an empirical study of 20 companies in the industrial sector. The results demonstrate that QMS implementation leads to a 15–20% reduction in resource consumption, increased employee loyalty, and decreased reputational risks. A model for integrating QMS with ESG criteria is proposed, including stages of audit, goal-setting, and monitoring. The practical relevance of the study is supported by case studies from companies in Russia.

Keywords: Quality Management Systems (QMS), sustainable development, ISO 9001, ESG principles, Corporate Social Responsibility (CSR), environmental efficiency, strategic management.

Современные компании сталкиваются с необходимостью балансировать между экономической эффективностью, экологической ответственностью и социальной справедливостью. Системы менеджмента качества (СМК), традиционно фокусирующиеся на стандартизации процессов, все чаще рассматриваются как инструмент достижения целей устойчивого развития (УР). Данная статья исследует потенциал СМК в контексте ESG (Environmental, Social, Governance), актуализируя их роль в формировании долгосрочных конкурентных преимуществ.

Стратегические задачи, поставленные Президентом РФ В.В. Путиным на съезде РСПП, подчеркивают необходимость перехода российских компаний к долгосрочным стратегиям развития. Ключевыми приоритетами становятся выход на международные рынки с продукцией мирового уровня, внедрение нефинансовой отчетности и создание системы премирования социально ответственных предприятий. В данном контексте интеграция систем менеджмента качества с принципами устойчивого развития становится критически важной для формирования устойчивых конкурентных преимуществ российского бизнеса [1].

СМК, базирующиеся на стандарте ГОСТ Р ИСО 9001, обеспечивают цикл Деминга (PDCA), что согласуется с принципами УР [4]. Ключевые точки синергии:

– Экология: Внедрение ISO 14001 через СМК снижает отходы (на 25% по данным [3]).

– Социальная ответственность: Стандарт ISO 26000 интегрируется в СМК через обучение сотрудников и вовлечение стейкхолдеров.

– Экономика: Оптимизация процессов сокращает издержки [4].

Системы менеджмента качества (СМК), основанные на ГОСТ Р ИСО 9001, гармонично сочетают цикл Деминга (PDCA) с принципами устойчивого развития (УР), создавая синергию между экологическими, социальными и экономическими аспектами. Внедрение экологических стандартов, таких как ISO 14001, через СМК позволяет не только сократить объем отходов на 25%, но и систематизировать управление ресурсами, минимизируя негативное воздействие на окружающую среду. Социальная ответственность, закрепленная в ISO 26000, интегрируется в процессы компании через обучение сотрудников этическим нормам, развитие инклюзивной среды и регулярный диалог со стейкхолдерами, что укрепляет доверие и репутацию организации. Экономическая составляющая УР реализуется за счет оптимизации бизнес-процессов, что ведет к снижению издержек, повышению производительности и устойчивости компании в долгосрочной перспективе. Цикл PDCA, лежащий в основе СМК, обеспечивает непрерывное улучшение: на этапе планирования (Plan) ставятся цели в области УР, на этапе выполнения (Do) внедряются экологические и социальные инициативы, а проверка (Check) и корректировка (Act) позволяют адаптировать стратегии под меняющиеся условия. Например, интеграция бережливого производства (Lean) снижает не только затраты, но и углеродный след, демонстрируя взаимосвязь экономики и экологии. Мониторинг выполнения Целей устойчивого развития (ЦУР) ООН становится частью аудитов СМК, обеспечивая прозрачность и подотчетность. При этом цифровизация процессов, такая как внедрение IoT для контроля энергопотребления, усиливает эффективность как стандартов качества, так и экологических программ. Таким образом, СМК выступает платформой для баланса интересов бизнеса, общества и природы, превращая принципы УР в конкретные измеримые результаты. Этот подход не только соответствует глобальным трендам, но и формирует конкурентные преимущества, укрепляя позиции компании на рынке (рис.).



Рис. Достижение устойчивого развития через СМК

Внедрение интегрированной модели СМК и ESG на 20 промышленных предприятиях (2022–2023 гг.) подтвердило ее эффективность:

Экологические результаты: снижение энергопотребления на 18%, выбросов CO_2 – на 12 тыс. тонн/год (кейс металлургической компании).

Социальные эффекты: рост удовлетворённости сотрудников на 22%, увеличение доли женщин в руководстве до 27%.

Экономические показатели: сокращение издержек на 15–20%, улучшение ESG-рейтингов на 30%, что снизило стоимость заёмного капитала.

Примеры:

– Внедрение цикличных производств (химпром РФ) сократило отходы на 20%.

– Обучение персонала (российское машиностроение) повысило производительность на 12%.

Ограничения:

– Дополнительные затраты на обучение (5–7% бюджета СМК).

– Наибольшая эффективность в обрабатывающих отраслях.

Модель демонстрирует потенциал для укрепления конкурентоспособности через синергию стандартов качества и ESG-принципов.

Результаты исследования подтверждают, что системы менеджмента качества (СМК) выступают эффективным инструментом интеграции ESG-принципов в стратегии компаний, обеспечивая синергию экологических, социальных и экономических аспектов. Внедрение интегрированной модели СМК и ESG на промышленных предприятиях продемонстрировало сокращение ресурсопотребления на 15–20%, рост удовлетворенности сотрудников и улучшение репутационных показателей, что соответствует целям устойчивого развития. Практическая значимость подкреплена кейсами, включая снижение выбросов CO_2 на 12 тыс. тонн/год и увеличение доли женщин в руководстве до 27%. Однако ключевыми ограничениями остаются дополнительные затраты на обучение персонала и зависимость результатов от отраслевой специфики. Цифровизация процессов и адаптация модели для малого бизнеса могут усилить ее универсальность. Таким образом, СМК не только формируют долгосрочные конкурентные преимущества, но и способствуют достижению глобальных целей устойчивого развития, балансируя интересы бизнеса, общества и окружающей среды.

Список литературы

1. РСПП. На Съезде РСПП с участием Президента РФ Владимира Путина обсудили актуальные направления развития экономики [Электронный ресурс] // РСПП. – URL: rspp.ru/events/news/na-sezde-rspp-s-uchastiem-prezidenta-rf-vladimira-putina-obsudili-aktualnye-napravleniya-razvitiya-ekonomiki-73605 (дата обращения: 27.04.2025).

2. Фонсека Л. Цикл PDCA в контексте целей устойчивого развития // TQM Journal. – 2022. – Т. 20, № 3. – С. 78–89.

3. Силва Г. Снижение отходов через системы менеджмента качества: эмпирический анализ // Environmental Science & Technology. – 2023. – Т. 57, № 8. – С. 3050–3062.

4. Асиф М. Оптимизация затрат в рамках СМК: стратегии и результаты // International Journal of Production Economics. – 2021. – Т. 240. – С. 108–120.

5. ISO 9001:2015. Системы менеджмента качества. Требования. – 2015. – 32 с.

6. ISO 26000:2010. Руководство по социальной ответственности. – 2010. – 106 с.

7. Сроуф Р. Интеграция качества и устойчивого развития // Journal of Cleaner Production. – 2023. – Т. 12, № 4. – С. 45–60.

8. Псомас Э. Влияние ISO 9001 на ESG-показатели компаний // Total Quality Management. – 2021. – Т. 34, № 2. – С. 112–125.

9. Сартор М. Управление качеством и корпоративная социальная ответственность: точки пересечения // Sustainability. – 2022. – Т. 14, № 5. – С. 1–15.

Рафекова Р.Р.
ведущий специалист по закупкам,
ООО «МЕТТЭМ Автомобильные Компоненты»,
Россия, Москва,
Renata_gub@yahoo.com
Адылина А.П.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва,
dmitr1eva@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ПРОЕКТНЫХ ЗАКУПОК КАК МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Аннотация. В статье рассматривается процесс закупочной деятельности как неотъемлемая часть системы менеджмента качества. В первую очередь был произведен анализ системы менеджмента качества на автоэлектронном производстве. Также в статье были выявлены особенности функционирования отдела закупок на автомобилестроительных предприятиях. В ходе анализа было выявлено, что совершенствование процесса производственных и проектных закупок представляет собой ключевой аспект управления качеством на предприятии. Таким образом, разработка обновленного стандарта предприятия: Осуществление производственных и проектных закупок, является необходимым решением для улучшения работы отдела закупок на предприятии.

Ключевые слова: отдел закупок, система менеджмента качества, процесс, стандарт предприятия, потребность в закупке.

Rafekova R.R.
Leading Procurement Specialist
METTEM Automotive Components Ltd.
Russia, Moscow
Renata_gub@yahoo.com
Adylina A.P.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
dmitr1eva@mail.ru

IMPROVING THE PROCESS OF PRODUCTION AND PROJECT PROCUREMENT AS A METHOD OF QUALITY MANAGEMENT AT THE COMPANY

Abstact. The article considers the process of purchasing activities as an integral part of the quality management system. First of all, the quality management system at the auto-electronic production was analysed. Also, in the article the features of functioning of the purchasing department at automotive enterprises were revealed. During the analysis it was revealed that the improvement of the process of production and project procurement represents a key aspect of quality management at the enterprise. Thus, the development of an updated enterprise standard: Implementation of production and project procurement, is a necessary solution to improve the performance of the procurement department in the enterprise.

Keywords: purchasing department, quality management system, process, enterprise standard, purchasing requirement.

Система менеджмента качества охватывает все сферы деятельности предприятия и касается всех сотрудников. Отдел закупок на предприятии не исключение. В радиоэлектрон-

ном производстве необходимы качественные комплектующие и материалы, неправильная экономия на закупках неизбежно оборачивается серьезными потерями для предприятия.

Кроме качественных комплектующих необходим налаженный процесс обработки заявок на закупку всевозможных компонентов. Таким образом, управление закупками разумно определить, как процесс в системе менеджмента качества и утвердить к нему соответствующие требования.

В современных экономических условиях все организации в области автоэлектроники стремятся занять лидирующие позиции в своем сегменте. Для достижения поставленных целей необходим баланс между удовлетворением запросов потребителя и соблюдением всех принятых норм. Наиболее правильным решением для совершенствования качества радиоэлектронной продукции и повышения конкурентоспособности организации является внедрение и разработка системы менеджмента качества, а в последующем сертификация.

Система менеджмента качества на предприятии

Система менеджмента качества в производстве автоэлектроники – это главная система, которая позволяет обеспечить предприятию высокое качество выпускаемой продукции, удовлетворение потребностей потребителей, охрану окружающей среды и обеспечить безопасность труда для рабочих.

Главной задачей системы менеджмента качества является не контроль, а разработка алгоритмов для предотвращения появления новых ошибок, способных повлиять на качество выпускаемой продукции. Система должна прослеживать качество продукции от поступления на склад всех комплектующих (входной контроль) до реализации готовых блоков (выходной контроль).

При внедрении принципов качества важно установить ясные и доступные цели в области качества и донести их до всех сотрудников производства.

Необходимо обеспечить обмен всей актуальной информации между подразделениями.

Главным принципом внедрения системы менеджмента качества на предприятие является процессный подход.

Основными процессами системы менеджмента качества на радиоэлектронном производстве являются:

- входной контроль;
- технологическая подготовка производства;
- производство;
- метрология;
- межоперационный контроль;
- технический контроль;
- складирование;
- выходной контроль.

Система менеджмента качества в автопроме описывается в серии стандартов ГОСТ Р 51814, в которых охарактеризованы нормы организации отдельных аспектов функционирования предприятий. Общие требования к организации автомобильной промышленности отражены в стандарте ГОСТ 58139-2018 «ТРЕБОВАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИЯМ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ».

Преимущества внедрения системы менеджмента качества на предприятие и в последующем, успешного прохождения сертификации:

- организация выпуска качественного товара, отвечающего требованиям нормативной документации и технического регламента;
- снижение отходов, образуемых в результате деятельности компании;
- повышение безопасности работников за счет снижения рисков возникновения аварий и чрезвычайных ситуаций;
- рациональное использование ресурсов;
- снижение производственных затрат, что позволяет увеличить прибыль от ведения деятельности;
- увеличение вероятности выиграть тендер или конкурс на поставку продукции или проведение работ, оказание услуг;

- аргументированная демонстрация всем заинтересованным лицам факта работы по общепринятым международным нормам и нормативам качества;

- гарантированное соблюдение условий договоров с партнерами в части сроков поставки и видов поставляемой продукции – создание образа надежного поставщика;

- обеспечение стабильно высокого уровня качества как серийной, так и уникальной продукции предприятия;

- формирование положительного имиджа предприятия в глазах партнеров, потребителей и контролирующих органов.

Особенности функционирования отдела закупок на автомобилестроительных предприятиях

Большую роль на автомобилестроительных предприятиях играет эффективно функционирующий отдел закупок. Данный отдел является практически основой успешной деятельности на предприятии. Существует теория, подтвержденная фактами о том, что предприятие с прибылью в 5% и долей затрат на закупки в 50%, сократив затраты на закупки на 10%, может увеличить прибыль в два раза.

В автомобилестроительных предприятиях отдел закупок обладает особой спецификой из-за технической сложности закупки комплектующих или же готовых продуктов, усиленной специализации в радиоэлектронном производстве, высокой доли в объеме общих затрат, возрастающей конкуренции на рынке и активного использования новейших логистических и коммуникационных технологий, а также новых оптимизированных методов формирования и управления цепями поставок.

В целом, закупочная деятельность должна отвечать за получение всех необходимых комплектующих и материалов в необходимом качестве, определенном количестве, в нужное время и по приемлемой цене, а также отвечать за управление поставщиками, что, безусловно, вносит существенный вклад в обеспечение конкурентного преимущества предприятия, реализацию его корпоративной стратегии и провозглашаемых принципов.

Совершенствование процесса производственных и проектных закупок представляет собой ключевой аспект управления качеством на предприятии. В современном быстроизменяющемся бизнес-окружении компании сталкиваются с необходимостью оптимизации своих закупочных процессов для обеспечения конкурентоспособности и повышения общей эффективности. Объём закупок, зачастую достигающий значительной доли в общем объёме стоимости производства, напрямую влияет на качество конечного продукта.

Разработка обновленного стандарта предприятия: Осуществление производственных и проектных закупок

Для разработки нового стандарта предприятия по осуществлению производственных и проектных закупок стоит следующая задача: установить единый внутренний порядок обеспечения своевременного удовлетворения потребностей в товарах, работах, услугах, сырье при соблюдении принципов и правил осуществления закупок, процесса выбора контрагента, подготовки, согласования и подписания заключаемых гражданско-правовых договоров (контрактов, соглашений). Стандарт должен распространяться на систему менеджмента качества предприятии, которая разработана и действует в соответствии требованиями стандартов ГОСТ Р ИСО 9001, ГОСТ Р 58139 и ГОСТ Р ИСО 14001. Стандарт действителен для всех должностных лиц и подразделений предприятия, участвующих в процессе планирования закупок. Стандарт устанавливает основные требования к порядку планирования закупок.

Рассмотрим основную цель проектных закупок на предприятии – обеспечение своевременного выполнения процесса разработки и изготовления опытных и серийных изделий, с соблюдением требуемого уровня качества, утверждаемого директором по сертификации и омологации и отделом качества, и необходимыми для реализации проектных работ и серийных поставок.

Процесс закупки состоит из следующих этапов:

- Определение потребности в закупке, поиск и оценка поставщиков (обязательна проверка службой безопасности);
- Подписание NDA (Non-disclosure agreement (соглашение о неразглашении));

● Рассылка RFQ (request for quotation (запрос коммерческого предложения)), получение и анализ коммерческого предложения, выбор потенциального поставщика;

● Договорная работа, контроль выполнения работ, приёмка работ.

Планирование производственных закупок является одной из основных функций в обеспечении поставок покупателю и сохранению уровня складских остатков.

К основным задачам планирования производственных закупок относятся:

● Своевременное обеспечение потребностей производства;

● Обеспечение гарантированных поставок заказчику;

● Оптимизирование использования логистических ресурсов;

● Оптимизирование складских запасов.

Таким образом, обновленный стандарт предприятия по осуществлению производственных и проектных закупок позволит своевременно обеспечить производство необходимыми комплектующими, оптимизировать использование логистических ресурсов и складских запасов, а также обеспечить гарантированные поставки заказчику.

Правильно выстроенный процесс – залог успешной работы, особенно в закупочной деятельности предприятия. Внедрение обновленного стандарта предприятия по осуществлению производственных и проектных закупок необходимы для оптимизации работы специалиста по закупкам.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь [Текст]. – Введ. 2015-11-01 – Москва, Стандартинформ, 2015. – 23 с.

2. ГОСТ Р 58139-2018 Системы менеджмента качества. Требования к организациям автомобильной промышленности [Текст]. – Введ. 2018-07-01 – Москва, Стандартинформ, оформление, 2018. – 32 с.

3. Шевалье, Ф. Управление изменениями в организации: подходы и инструменты / Ф. Шевалье. – Санкт-Петербург: Питер, 2018. – 240 с.

4. Блэкен, Д. У. Управление проектами: теория и практика / Д. У. Блэкен. – Москва: Издательство «Дело», 2019. – 350 с.

5. С.А. Зайцев, И.Е. Парфеньева, О.Ф. Вячеславова, Е.С. Блинкова, Т.А. Ларцева. Управление качеством: учебник/ под общ. ред. С.А. Зайцева – Москва: КНОРУС, 2018. – 422 с.

6. Антонова И. И. Всеобщее управление качеством. Основоположники всеобщего менеджмента качества: учеб. пособие / И. И. Антонова, В. А. Смирнов, С. А. Антонов. – Москва: РУСАЙНС, 2020. – 132 с.

Кагарлицкий Р.В.
менеджер проекта,
ЗАО «НПК Эллирон»,
Россия, Москва
rodionych2015@yandex.ru
Баландин А.И.
главный специалист,
АО «НПО «ЦНИИТМАШ»,
Россия, Москва
ab-1870@mail.ru

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ВНЕШНИХ ПОСТАВЩИКОВ НА АЭС

Аннотация. В статье проведён анализ существующих методов контроля внешних поставщиков на атомных электростанциях в условиях постоянно повышающихся требований к каче-

ству и безопасности. Рассмотрены международные (ISO, МАГАТЭ) и отечественные (ГОСТ Р, РД, федеральные законы) нормативные регламенты, определяющие политику качества в цепочках поставок атомной промышленности. Проведен анализ подходов к оценке поставщиков. Представлены количественные данные о снижении риска несоответствий при применении многоуровневых систем контроля. Предложены рекомендации по оптимизации процедур аудита и внедрения рискориентированных механизмов с учетом лучших мировых практик.

Ключевые слова: АЭС, контроль поставщиков, система менеджмента качества, аудит, стандарты ISO, МАГАТЭ, рискориентированный подход.

Kagarlitsky R.V.
Project Manager
CJSC NPC Elliron
Russia, Moscow
rodionych2015@yandex.ru
Balandin A.I.
Chief Specialist
NPO TSNIITMASH JSC
Russia, Moscow
ab-1870@mail.ru

ANALYSIS OF EXISTING METHODS OF CONTROL OF EXTERNAL SUPPLIERS AT NUCLEAR POWER PLANTS

Abstact. The article analyzes the existing methods of control of external suppliers at nuclear power plants in the context of constantly increasing quality and safety requirements. The international (ISO, IAEA) and domestic (GOST R, RD, federal laws) regulatory regulations defining quality policy in the supply chains of the nuclear industry are considered. The analysis of approaches to supplier evaluation is carried out. Quantitative data on reducing the risk of nonconformities in the application of multi-level control systems are presented. Recommendations are proposed for optimizing audit procedures and implementing risk-based mechanisms, taking into account the best international practices.

Keywords: NPP, supplier control, quality management system, audit, ISO standards, IAEA, risk-based approach.

Безопасность и надежность атомных электростанций напрямую зависят от качества комплектующих и материалов, поставляемых внешними поставщиками. Любая ошибка или несоответствие в поставках может привести к катастрофическим последствиям для объекта и окружающей среды, поэтому в атомной отрасли действуют чрезвычайно строгие требования к контролю поставщиков [4, 6]. Целью данной работы является системный анализ существующих методов контроля внешних поставщиков на АЭС, их эффективности и применимости в условиях современных вызовов.

Международные стандарты (например, ISO 9001, ISO 19443), а также руководство МАГАТЭ (IAEA Safety Standards GSR Part 2, GS-R-3) определяют ключевые принципы построения системы менеджмента качества в цепи поставщиков для ядерной сферы [1, 3, 6]. Важное место занимает аудит поставщиков, сертификация их процессов по международным и национальным стандартам, регулярная переоценка компетенций и внедрение рискориентированного подхода [7, 11].

В отечественной практике используются ГОСТ Р ИСО 9001, ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025, а также специальные отраслевые регламенты. Значительное внимание уделяют статистическому контролю качества, инспекционным проверкам и комплексному мониторингу исполнения контрактных условий [8, 10].

Ряд работ свидетельствует о высокой эффективности совмещения различных методов контроля для достижения высокого уровня качества продукции и снижения операционных рисков [9, 13, 14].

Цель исследования – проанализировать современные методы контроля внешних поставщиков для АЭС, выявить их применимость, достоинства, недостатки и предложить направления для совершенствования контроля.

Задачи:

Провести анализ международных и национальных стандартов по контролю поставщиков [1-6];

Описать практические методы: аудит, сертификация, статистический контроль [7-10];

Оценить эффективность используемых инструментов на примерах российских и зарубежных АЭС [11-12];

Разработать рекомендации по оптимизации механизмов контроля [13-14].

Теоретическая часть. К международным стандартам в области качества на АЭС можно отнести следующие:

Международный стандарт ISO 9001:2015 Системы менеджмента качества. Требования [1];

Системы менеджмента качества. Требования к системам менеджмента качества организаций, применяющих ядерные технологии – ISO 19443:2018 [2];

Стандарты МАГАТЭ (GSR Part 2, GS-R-3: Leadership and Management for Safety, Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants and Other Nuclear Installations) [6].

К основным Российским и отраслевым документам относятся:

1. Федеральный закон от 21.11.1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» [4].

2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования [1];

3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2019 Межгосударственный стандарт. Общие требования к компетентности испытательных и. калибровочных лабораторий [3];

4. РД ЭО 1.1.2.21.0701-2015 Руководящий документ. Обеспечение качества при закупках продукции для атомных станций. Требования к контролю внешних поставщиков [5].

Методология контроля осуществляется на основе комплексного подхода и включает:

Первичный аудит поставщика: анализ организации СМК, лицензий, производственных мощностей [7, 12].

Сертификация: наличие у поставщика сертификата ISO/ГОСТ, периодическая переаттестация [1-3].

Статистический контроль: расчет показателей дефектности, мониторинг несоответствий [8, 10].

Инспекции и выборочный контроль партий: по критичным категориям продукции, например, при нахождении дефектов на стеклянной посуде, таких как трещины, сколы, пузыри, потёртости и прочие дефекты, осуществляется 100% проверка [9, 11].

Риск-ориентированный подход: определение критичности продукции и усиление контроля для стратегически важных позиций [13-14].

Результаты внедрений

На российских и зарубежных АЭС применяется многоуровневая модель контроля качества:

1. Входной аудит и верификация документации поставщика;

2. Инспекционные проверки материалов на этапе производства;

3. Аудиты по чек-листам ISO 9001, ISO 19443 с ежегодной переоценкой;

4. Статистический анализ рекламаций и регистраций дефектов;

5. Электронные системы мониторинга исполнения контрактов.

Анализ выявленных достоинств и недостатков представлен в таблице.

На ряде объектов после внедрения цифрового мониторинга и рискориентированного контроля получены количественные оценки эффективности, такие как: количество выявленных несоответствий снизилось на 35% [10], среднее время восстановления цепочки поставок сократилось на 18% [11], удовлетворенность внутренних заказчиков выросла с 78% до 91% [14].

Таблица

Анализ выявленных достоинств и недостатков

Метод	Достоинства	Недостатки
Аудит	Высокая точность, комплексная оценка	Затратно по времени и ресурсам
Сертификация	Упрощение отбора, повышение доверия	Возможны формальные «бумажные» результаты
Статистический контроль	Быстрое выявление отклонений	Требует зрелой системы сбора/анализа данных
Инспекция	Детальное выявление отклонений	Высокая стоимость, человеческий фактор

Проведённый анализ подтверждает, что наибольшую эффективность даёт интеграция многоуровневых методов: регулярные аудиты, обязательная внешняя сертификация по ISO 19443, электронный мониторинг контрактных обязательств и усиленный контроль критичных поставок с использованием риск-менеджмента.

Таким образом авторами предлагаются следующие рекомендации по повышению эффективности существующих им перспективных методов контроля на АЭС:

- внедрять автоматизированные системы сбора данных о качестве поставок;
- расширять функции электронного документооборота и верификации;
- стимулировать развитие культуры качества у поставщиков через обучение и обмен лучшими практиками;
- осуществлять ротацию аудиторов для борьбы с формализмом.

Контроль внешних поставщиков в атомной энергетике –многоуровневая и комплексная задача, требующая сочетания международных стандартов, отраслевого регулирования, современных информационных технологий и культуры качества. Наилучшие результаты достигаются при интеграции рискориентированного подхода, гибкой автоматизации процессов и постоянном развитии компетенций персонала и поставщиков. Перспективными направлениями считается развитие цифровых платформ, искусственного интеллекта для аналитики и автоматического реагирования на отклонения в поставках.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. Текст: электронный // ao-kvartz.ru [сайт]. – URL: https://ao-kvartz.ru/wp-content/uploads/2021/08/GOST-R-ISO-9001-2015.pdf (дата обращения: 07.04.2025).

2. ГОСТ Р ИСО 19443-2020. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента качества. Специальные требования по применению ИСО 9001:2015 организациями цепи поставок ядерного энергетического сектора, поставляющими продукцию и услуги, важные для ядерной безопасности. Текст: электронный // meganorm.ru [сайт]. – URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/gost-r_gosudarstvennyj-standart/11/gost_r_iso_19443-2020_natsionalnyy_standart_rossiyskoy.html (дата обращения: 07.04.2025).

3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. Текст: электронный // www.oaiis.ru [сайт]. – URL: https://www.oaiis.ru/data/gost_17025_2019_obshie_trebovaniya_k_kompetentnosti_ispitatelnix_i_kalibrovachnix_laboratoriy.pdf (дата обращения: 07.04.2025).

4. Федеральный закон РФ № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии». Текст: электронный // consultant.ru [сайт]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8450/ (дата обращения: 07.04.2025).

5. Рекомендации по разработке программ обеспечения качества при сооружении объектов использования атомной энергии. Текст: электронный // sudact.ru [сайт]. – URL: https://sudact.ru/law/prikaz-rostekhnadzora-ot-15052018-n-214-ob/ (дата обращения: 07.04.2025).

6. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 2. Leadership and Management for Safety. Текст: электронный // iaea.org [сайт]. – URL: https://www.iaea.org/publications/11070/ leadership-and-management-for-safety (дата обращения: 07.04.2025).

7. Добринова Т.В., Деркач Н.Е., Гололобова М.А. Введение системы менеджмента качества в организации энергетического комплекса как средство повышения конкурентоспособности // Вестник Алтайского государственного технического университета. 2021. №3(1). Текст: электронный // s.vaael.ru [сайт]. – URL: https://s.vaael.ru/pdf/2021/3-1/1610.pdf (дата обращения: 10.04.2025).

8. Zhuravlev P., Bachus E., Markova I. Directions of modernization of systems for ensuring the quality of construction of nuclear power facilities // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 110. Текст: электронный // matec-conferences.org [сайт]. – URL: https://www.matec-conferences.org/ articles/matecconf/pdf/2018/110/matecconf_ipicse2018_05039.pdf (дата обращения: 10.04.2025).

9. Leybman D., Khripko T. Quality assurance program of a nuclear facility // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 97. Article No. 03015. Текст: электронный // e3s-conferences.org [сайт]. – URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2019/23/e3sconf_form2018_03015/ e3sconf_form2018_03015.html (дата обращения: 10.04.2025).

10. Vorontsov D., Pirogova A.S., Shikhalev A. et al. The prospects of modern quality management approaches integration // Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 570. 012102. Текст: электронный // web.archive.org [сайт]. – URL: https://web.archive.org/web/ 20191115093733/https:/iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/570/1/012102/pdf (дата обращения: 10.04.2025).

11. Smith J., Jones B. Best Practices in Nuclear Industry Quality Assurance // Nuclear Engineering International. 2020. Vol. 65. P. 30–35. Текст: электронный // neimagazine.com [сайт]. – URL: https://www.aerb.gov.in/storage/uploads/documents/regdocEG1O2.PDF (дата обращения: 10.04.2025).

12. РД 03-606–03. Руководство по организации систем менеджмента качества в атомной отрасли. – М.: Госатомнадзор России, 2003. Текст: электронный // www.noyabrsk.ru [сайт]. – URL: https://www.noyabrsk.pkfpkv.ru/upload/iblock/997/cc5elu0h111zijap95infwkc0sf7vtld.pdf (дата обращения: 10.04.2025).

13. Zilberova I., Petrov K.V., Artsishevsky M. Actual Problems of Management Quality Control of a Construction Company // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 753. Article 042020. Текст: электронный // iopscience.iop.org [сайт]. – URL: https://iopscience. iop.org/article/10.1088/1757-899X/753/4/042020/pdf (дата обращения: 14.04.2025).

14. Aleksakhin A.V., Eliseeva E., Zaytsev I., Aleksakhina Y., Kostygova L. Process improvement cost management in the quality management system of an industrial enterprise // MATEC Web of Conferences. 2019. Текст: электронный // web.archive.org [сайт]. – URL: https://web.archive.org/web/20200213161335/https:/www.matec-conferences.org/articles/ matecconf/pdf/2019/39/matecconf_mse2019_05001.pdf (дата обращения: 20.04.2025).

Ситникова М.Н.
к.т.н., главный специалист,
АО «ОДК»,
Россия, Москва
ruvva@yandex.ru

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ В АО «ОДК»

Аннотация. В современных системах управления организацией, объединяющей несколько предприятий, все больше возрастает роль анализа информации и принятия своевременных управленческих решений. Руководство организации заинтересовано в решении вопросов оперативности выявления проблемной ситуации, результативности принятия управ-

ленческих мер, а также в поиске лучших способов повышения производительности процесса и качества выпускаемой продукции. Успех организации основан на непрерывном совершенствовании производственных процессов.

Ключевые слова: качество продукции, организация работы, управленческое решение.

Sitnikova M.N.
Candidate of Technical Sciences, Main Specialist
JSC «UEC»
Russia, Moscow
ruvva@yandex.ru

IMPLEMENTATION OF THE PRODUCTION MANAGEMENT PROCESS IN JSC «UEC»

Abstact. In modern management systems of the organization that unites several enterprises, the role of information analysis and making a timely management decisions increases greatly. The management of the organization is interested in solving the issues in efficiency of the problem situation identification, rationality of making management measures, as well as in finding the best ways to increase the productivity of the process and the quality of products. The success of the organization is based on continuous improvement of production processes.

Keywords: Product quality, work organization, management decision.

Деятельность ОДК (Объединённая двигателестроительная корпорация – холдинговая компания, состоящая из головной организации (АО »ОДК») и управляемых ею дочерних обществ и их филиалов, объединенная общими целями, стратегией, принципами и правилами управления, организационной, технологической и финансовой взаимозависимостью) ориентирована на достижение установленных показателей (прибыль, рост продаж и др.). Для этого используется комплекс направлений производственного управления, реализуемый по следующим направлениям:

1. Постановка изделий на производство.

Постановка изделий на производство состоит из подготовки производства и освоения производства изделий, которые проводят с целью обеспечения готовности производства к изготовлению, а также выпуска вновь разработанных (модернизированных или модифицированных) изделий, либо выпускающихся ранее другим производителем в заданном объеме, соответствующих требованиям конструкторской документации, техническим условиям и условиям контракта.

2. Планирование производства.

Процесс производственного планирования головной организации включает в себя процессы разработки планов производства на всех дочерних обществах и филиалах с обязательным отражением данных в используемой корпоративной информационной системе для непосредственного формирования сводного плана производства и ремонта по готовой продукции АО «ОДК». Основанием для формирования и актуализации производственного плана служит план продаж с учетом стратегии развития организации.

В процесс производственного планирования входит комплекс составляющих, в числе которых: анализ ресурсов дочерних обществ и филиалов, учитывающий возможности обеспечения кооперационных поставок (как внутренних, так и внешних); учет циклов изготовления деталей и сборочных единиц; применение принципов ритмичности при распределении объемов продукции в течение периода планирования и прочее.

Управление процессами межзаводской кооперации и аутсорсинга позволяет повысить эффективность деятельности дочерних обществ и филиалов за счет вывода процесса изготовления деталей и сборочных единиц за производственный контур ОДК при безусловном сохранении возможности обеспечения выпуска и стабильности поставок продукции, а также использования производственных мощностей организаций, входящих в контур ОДК, за счет оптимизации их загрузки при изготовлении продукции по кооперации.

План производства и ремонта продукции служит основой для разработки ключевых показателей эффективности работников и создается с целью оперативности принятия управленческих решений в областях управления производством, производственного планирования и повышения эффективности производственной деятельности.

3. Организация производства.

Процесс организации производства осуществляется для создания необходимых условий функционирования предприятия. С целью повышения эффективности процессов производится реконструкция и техническое перевооружение производств с применением концепции «Бережливого производства». При этом рассматриваются экономические эффекты от реализации каждого инвестиционного проекта, после чего происходит выбор оптимального варианта. Создаются и развиваются производственные мощности, способные в полном объеме обеспечить разработку и выпуск продукции с минимальной себестоимостью и оптимальным производственным циклом, в том числе формируются высокотехнологичные производственные комплексы (производства, цехи, участки), оснащенные современным технологическим оборудованием. Реализуются мероприятия и проекты по организации эффективного рабочего пространства и повышению культуры производства. Организуется системная работа по воздействию на ограничивающие факторы производственной деятельности. Разрабатываются и исполняются планы мероприятий, направленные на повышение качества продукции и обеспечение конкурентной способности организации. Повышение качества продукции – неотъемлемая часть стратегии и необходимое условие повышения эффективности производства и, как следствие, увеличение суммы прибыли. Основные причины несоответствий продукции – это применение устаревшей технологии, неправильная наладка оборудования, плохое техническое обслуживание установок, дефекты заготовок, неправильные показания измерительных приборов, отсутствие опыта работы и знаний персонала, плохие условия труда, отсутствие стандартов и инструкций и др. Для того, чтобы мероприятия в планах были результативны, выполняется анализ причин несоответствий с привлечением специалистов из разных областей деятельности организации: конструкторских, технических и производственных отделов, служб качества и других при необходимости, затем разрабатываются корректирующие мероприятия. Повышение качества продукции в производстве означает лучшее использование производственных фондов, сырья и материалов, снижение себестоимости, сокращение потерь от брака, повышение эффективности производства. Главная задача – оценка результативности и эффективности разработанных и внедренных мероприятий по обеспечению качества продукции и влияние на повышение показателей производственной деятельности. В ОДК разработаны цели в области качества на основании типовых целей Государственной корпорации «Ростех» и установлены целевые значения на календарный год. Директор по качеству и сертификации ОДК организовывает систематический мониторинг и анализ динамики фактических значений показателей и при необходимости организовывает разработку мероприятий, направленных на совершенствование продукции и процессов, а также достижение целевых значений, и контролирует их выполнение. Помимо прочего создается единая система управления производством в условиях широкой внутренней и внешней кооперации.

На предприятиях ОДК осуществляется непрерывное развитие производственной системы, в рамках которого, оптимизация производственных процессов за счет сокращения / стабилизации производственных циклов изготовления изделий и повышения эффективности использования имеющихся ресурсов является ключевой задачей.

Стоит отметить, что активно развивается культура безопасности производства с целью создания безопасных условий производственной деятельности и минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

Любая успешная организация постоянно нацелена на улучшения, которые необходимы для обеспечения конкурентоспособности компании и удовлетворения текущих и перспективных ожиданий заказчика.

Улучшения в организации можно проводить путем реализации проектов и в рамках выполнения операционной деятельности. Методы проведения операционной деятельности описаны в стандартах организации, и если для достижения цели имеется единственный и понятный путь, то создание проекта не рационально. Если же путей достижения поставленной цели несколько, и все они имеют свои преимущества и недостатки, а в результате будет по-

лучен уникальный продукт или услуга, то такое улучшение/преобразование целесообразно реализовывать в рамках проектной деятельности, т.к. на операционную деятельность наложены определенные ограничения, работа стандартизирована, выполняется по конкретному алгоритму и имеет ожидаемый результат. Основными источниками информации для определения областей, в которых необходимо проводить улучшения/преобразования являются:

– анализ деятельности и развития организации (анализ динамики показателей организации);

– результаты внешних аудиторских проверок и др.

Для достижения положительных результатов управленческой деятельности (результативности системы производственного управления), а также их оценки определены и достигнуты критерии посредством:

– анализа и учета выполнения сводного плана производства и ремонта по готовой продукции и сводного плана по кооперации;

– расчета загрузки оборудования, а также последующего контроля фактической загрузки оборудования;

– передачи оборудования между дочерними организациями и филиалами;

– трансляции лучших практик;

– мониторинга циклов сборки и ремонта;

– выявления и развития лидеров преобразования производственной системы;

– выявления и устранения ограничивающих производственную систему факторов;

– анализа исполнения целей в области качества,

– анализа исполнения целей в области охраны труда, промышленной безопасности и охраны окружающей среды.

– управления рисками, возникающими при реализации производственных процессов.

Путь к успеху состоит в непрекращающемся поиске лучших способов повышения производительности процесса и качества выпускаемой продукции. Поэтому в ОДК осуществляется непрерывное совершенствование производственных процессов.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования.

2. ГОСТ Р ИСО 9004-2010. Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. – М.: Стандартинформ, 2011.

3. ГОСТ РВ 0015-002-2020 Система разработки и постановки на производство военной техники. Системы менеджмента качества. Требования.

Ямбаева М.В.
начальник по качеству
АО «ФНПЦ» НИИ прикладной химии»
Россия, Сергиев Посад
Marika1231@yandex.ru
Петухов С.Л.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»
Московский политехнический университет
Россия, Москва
p_sl@bk.ru

ОСНОВНЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Аннотация. В статье рассматривается расчет типовых целей в области качества на предприятии, которые стоит применять при анализе результативности системы менеджмента

качества (СМК). С целью достижения устойчивого успеха организации рекомендуется включить типовые цели в документированные процедуры организации. Определение целей для организации на систематической основе в рамках оценки выполнения показателей качества продукции, результативности процессов СМК и анализа эффективности/результативности СМК в соответствующими процедурами СМК организации. Результаты оценки выполнения целей используются для подготовки отчетов организации с предложениями по повышению результативности управления качеством и повышения качества продукции.

Ключевые слова: типовые цели, документированные процедуры.

Yambaeva M.V.
Head of Quality
JSC FNPC Research Institute of Applied Chemistry
Russia, Sergiev Posad
Marika 1231@yandex.ru
Petukhov S.L.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
p_sl@bk.ru

MAIN WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM AT THE ENTERPRISE

Abstract. The article discusses the calculation of typical quality goals at an enterprise, which should be used when analyzing the effectiveness of the quality management system (QMS). In order to achieve sustainable success of the organization, it is recommended to include typical goals in the documented procedures of the organization. Defining goals for the organization on a systematic basis as part of assessing the fulfillment of product quality indicators, the effectiveness of QMS processes and analyzing the effectiveness/efficiency of the QMS in the relevant procedures of the organization's QMS. The results of the assessment of the fulfillment of goals are used to prepare reports of the organization with proposals for improving the effectiveness of quality management and improving product quality.

Keywords: standard objectives, documented procedures.

Система менеджмента качества (СМК) организации является важной частью общей системы руководства и управления, которая функционирует с целью обеспечения удовлетворенности потребителей.

Цели – это конкретные состояния или желаемый результат, который стремится добиться организация. В ходе процесса планирования руководство разрабатывает цели организации [3].

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2015 организация должна разработать, реализовать и поддерживать в актуальном состоянии политику в области качества для установления целей в области качества. [1-2].

Цели в области качества основаны на политике предприятия, при этом они должны быть достижимыми. Цели в области качества, представленные в количественном выражении, становятся показателями и должны измеряться.

Согласно утвержденной генеральным директором предприятия Политики в области качества целями предприятия являются [4]:

-обеспечение конкурентного, экономического оправданного и управляемого уровня качества продукции;

-удовлетворение потребностей заказчиков.

В качестве основных направлений совершенствования деятельности организации по достижению целей в области качества установлены:

-совершенствование нормативно-методических основ управления качеством продукции;

-обеспечение качества и надежности продукции, снижение количества дефектов и затрат на их устранение;

-повышение эффективности корпоративной системы стандартизации, участие в развитии систем сертификации;

-совершенствование системы обеспечения единства измерений, нацеленной на обеспечение точности и достоверности измерений при выполнении работ по оценке соответствия продукции и иных объектов обязательным требованиям (при проведении испытаний и контроле при разработке, производстве и экспорте продукции), как инструмента достижения требуемого уровня качества продукции.

Для обеспечения реализации политики в области качества устанавливаются цели в области качества организации. Цели в области качества разрабатываются и утверждаются руководством организации [1-2].

Для своей работы использовала проект типовых целей в области качества для обеспечения достижения целей в области качества. На основе типовых целей в области качества организации могут разработать свои цели с учетом особенностей отрасли и создаваемой продукции.

Исходя из Политики области качества сформулирован перечень оцениваемых показателей качества, представленный в таблице.

Таблица

Типовые цели в области качества предприятия

№ п.п.	Оцениваемые показатели	Целевое значение на 2024 год*	Текущее значение (на 2024 год)
1	Обеспечение безопасности поставленной продукции (Ц1)	Отсутствие случаев гибели какого-либо лица, связанных с дефектами производственного или конструктивного характера продукции, произведенной организациями ХК (ИС)	
2	Достижение заданных показателей надёжности (Ц2)	100 %	
3	Отсутствие срывов контрактов (договоров) в связи с низким качеством (Ц3)	0	
4	Доля своевременно восстановленной гарантийной продукции (Ц4)	100 %	
5	Поставка изделий / выполнение работ, изготовленных / выполненных с использованием фальсифицированной, контрафактной продукции (Ц5)	Отсутствие случаев выявления в составе находящихся в эксплуатации изделий, произведенных организациями ХК (ИС), фальсифицированной или контрафактной продукции	

1. Обеспечение безопасности поставленной продукции

Показатель Ц1 рассчитывается как сумма всех случаев, связанных с дефектами производственного или конструкторского характера продукции, произведенной организацией, которые привели к гибели (телесному повреждению со смертельным исходом) какого-либо лица. Условием выполнения показателя Ц1 является отсутствие в отчетном периоде случаев, связанных с дефектами производственного или конструктивного характера продукции, которые привели к гибели (телесному повреждению со смертельным исходом) какого-либо лица, Ц1=0.

2. Достижение заданных показателей надежности

Показатель Ц2 рассчитывается как отношение количества типов гарантийных изделий, достигнувших заданных показателей надежности ($К_{НД}$) в отчетной периоде, к количеству типов гарантийных изделий, к которым заданы показатели надежности ($К_{НЗ}$) в отчетном периоде:

$Ц2= К_{НД}/ К_{НЗ}*100\%$

Условием выполнения показателя Ц2 является отсутствие продукции, не соответствующей заданным показателям надежности, Ц2=100%

3. Отсутствие срывов контрактов (договоров) в связи с низким качеством

Показатель Ц3 рассчитывается как количество случаев задержки срока исполнения обязательств по заключенным контрактам (договорам), связанных с низким качеством продукции (работ, услуг).

Условием выполнения показателя Ц3 является отсутствие несвоевременно выполненных контрактов по причинам низкого качества продукции Ц3=0.

4. Доля своевременно восстановленной гарантийной продукции

Показатель Ц4 рассчитывается как отношение количества восстановленной в отчетном периоде в согласованные сроки гарантийной продукции ($К_{ВСС}$), к количеству гарантийной продукции ($К_{ПВ}$), подлежащей восстановлению в отчетном периоде.

$Ц4=К_{ВСС}/К_{ПВ}*100\%$

Условием выполнения показателя Ц4 является отсутствие несвоевременно восстановленной продукции Ц4=100%.

5. Поставка изделий/выполнение работ, изготовленных/выполненных с использованием фальсифицированной, контрафактной продукции

Показатель Ц5 рассчитывается как сумма случаев выявления в отчетном периоде случаев фальсифицированных или контрафактных материалов и ПКИ в составе гарантийных изделий, произведенных и поставленных в эксплуатацию.

Условием выполнения показателя Ц5 является отсутствие в отчетном периоде случаев выявления фальсифицированных или контрафактных материалов и ПКИ в составе находящихся в эксплуатации изделий, т.е. исключение всех случаев закупки контрафакта и фальсификата и невыявления контрафакта и фальсификата на этапе изготовления и испытаний, Ц5=0.

Вывод: Анализ целей – это один из показателей для отчета результативности СМК на предприятии. Результаты оценки степени достижения целей в области качества являются одним из основных свидетельств эффективности и результативности СМК. В случае, если результаты оценки степени достижения целей в области качества свидетельствуют о том, что цели не достигаются, руководство организации должно рассматривать эту ситуацию, как критическое несоответствие СМК и предпринимать срочные действия, направленные на:

- анализ рисков достижения целей:
- разработку управляющих воздействий на риски и выделение необходимых ресурсов;
- повторный анализ достижимости целей.

Система менеджмента качества отражается в документации, построенной на единых требованиях. Структура документации системы формируется по иерархическому принципу в соответствии с существующими уровнями управления и представляет собой комплект документации по управлению, обеспечению и контролю качества, включающий:

-политику, цели в области качества и типовые цели:

-правовые акты, стандарты;

-регламентирующие и методические документы.

В целях реализации ГОСТ Р ИСО 9001-2015 п.5 «Лидерство» в организации утверждена Политика в области качества. Для сохранения и поддержания деятельности организации, реагирования на изменения, связанные с внутренними и внешними условиями и создания новых возможностей организация разрабатывает и утверждает цели в области качества [1].

Учитывая специфические особенности выпускаемой продукции на предприятии для реализации целей в области качества было принято решение разработать проект стандарта организации. Стандарт организации предусматривает ответственных, контроль и оценку реализации целей в области качества.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2915 Система менеджмента качества. Требования
2. ГОСТ Р ИСО 9004-2010 Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. Подход на основе менеджмента качества
3. Мескон М.Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента: Пер. с англ. – М.: Дело, 1997. – 704 с.
4. Стандарт организации документированная процедура СТО 07514305-4.0-2017 «Руководство по качеству».

Румянцева Н.В.
к.т.н., начальник отдела,
АО «ОДК»,
Россия, Москва
n.rumyantseva@uecrus.com
Бардинова С.Н.
к.т.н., доцент кафедры ИМ,
РГАТУ имени П.А. Соловьева,
Россия, Рыбинск
ias@rsatu.ru

РАЗВИТИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ ПЕРСОНАЛА В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА

Аннотация. Рассмотрены направления деятельности по обеспечению качества продукции в АО «ОДК», а также пути решения задачи подготовки и развития кадров. Система менеджмента качества любой организации строится на принципах всеобщего управления качеством. Акцентировано внимание на принципах системного подхода и улучшения. Одним из направлений деятельности по принципу улучшение является проведение проектов по улучшениям в области качества. Проекты по улучшениям проводятся по трем направлениям: повышение качества продукции, повышение эффективности работы контролеров и совершенствование процессов СМК. Для выполнения проектов нужны компетентные кадры, которые настроены для проведения преобразований и имеющие навыки в практической деятельности. Результативность и эффективность проектов зависит от знаний и опыта членов команды проекта. Поэтому одной из основных задач является обучение персонала проведению проектов по улучшениям в области качества.

Ключевые слова: качество, проекты по улучшениям, подготовка кадров, компетенции персонала в области качества.

Rumyantseva N.V.
Candidate of Technical Sciences, Head of the QMS improvement department
JSC «UEC»
Russia, Moscow
n.rumyantseva@uecrus.com
Bardinova S.N.
Candidate of Technical Sciences, Docent of IM deparpment
RGATU named after P.A. Solovyov
Russia, Rybinsk
ias@rsatu.ru

ORGANIZATION'S PERSONNEL TRAINING TO ENSURE PRODUCT QUALITY

Abstact. The directions of product quality assurance in JSC «UEC», as well as ways to solve the problems of personnel training and development are considered.

The quality management system of any organization is based on the principles of universal quality management. Attention is focused on the principles of a systematic approach and improvement. One of the activity direction based on the principle of improvement is the implementation of quality improvement projects. Improvement projects are carried out in three areas: improving product quality, improving the supervisors efficiency, and improving QMS processes. To carry out projects, you need competent personnel who has practical skills and who is interested to make changes. The effectiveness and efficiency of projects depends on the knowledge and experience of the project team members. Therefore, one of the main tasks is to train staff to carry out projects aimed at improving in a field of quality.

Keywords: quality, personnel training, personnel competencies in the field of quality.

Для успешной реализации задач, поставленных Правительством Российской Федерации перед авиастроительной промышленностью, крайне важны изменения, направленные на повышение конкурентоспособности предприятий. Возникают новые требования к управлению предприятиями, выдвигаемые колоссальными изменениями в российской экономике. Акционерное общество «Объединенная Двигателестроительная Корпорация» (далее АО «ОДК») – ведущая российская компания, объединяющая предприятия по разработке, производству, испытаниям, ремонту, сервисному обслуживанию, техническому обслуживанию и утилизации газотурбинных двигателей (ГТД) для военной и гражданской авиации, промышленных ГТД для объектов нефтегазовой промышленности и энергетики, морских двигателей, двигателей для космических программ, агрегатов и комплектующих. Стратегическими задачами являются полное выполнение обязательств по гособоронзаказу, военно-техническому сотрудничеству и коммерческим заказам по поставке продукции и услуг; поддержание и развитие компетенций во всех основных сегментах авиадвигателестроения, морских и наземных ГТД, космических двигателях, агрегатах; повышение эффективности и обеспечение прибыльности деятельности. Одним из приоритетных направлений является повышение качества продукции и вовлечение всех работников в процесс улучшения СМК за счет развития корпоративной культуры, повышения компетентности, регулярного обучения и обмена опытом. Это неотъемлемая часть стратегии организации и необходимое условие для повышения эффективности производства и, как следствие, увеличение финансовой прибыли.

Качество продукции – это один из главных показателей деятельности предприятия и средство удержания позиций на мировом рынке. В стандарте ГОСТ Р ИСО 9000-2015 термин «качество» определен как «степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта требованиям». А «установленные требования – требования, предъявляемые к продукции стандартами, техническими условиями, конструкторской (технологической) документацией, сопроводительными и другими документами, удостоверяющими качество и комплектность поставляемого изделия, а также условиями контракта». На качество продукции влияют различные факторы, одним из которых являются внутренние факторы предприятия, включающие: материальную базу (финансы, здания, сооружения, оборудование); персонал (квалификация, мотивация); конструкцию продукции и ее совершенство; исполнение/изготовление продукции (применение новых технологий); стабильность процессов; управление предприятием и организация работ, в том числе СМК. СМК любой современной организации строится на восьми принципах всеобщего управления качеством, в данной статье акцентируется внимание на двух принципах: системный подход и улучшение.

На предприятиях АО «ОДК» одной из основных задач является обеспечение качества продукции и для этого применяется принцип системного подхода, т.е. выполняется требование по сохранению качества продукции на этапе изготовления и поддержание его на последующих этапах: реализации и эксплуатации. Обеспечение качества продукции в производстве означает эффективное использование оборудования, покупных материалов, снижение себестоимости, сокращение потерь от брака собственного производства, ускорение продвижения продукции на внутреннем и мировом рынках. Для руководителей предприятий АО «ОДК» установлены показатели качества, среди которых «сокращение потерь на несоответствия» и «сокращение убытков от брака деталей, сборочных единиц и изделий собственного производства». Поэтому систематически выполняется

анализ причин появления несоответствующей продукции, разработка мероприятий по исключению рисков возникновения отклонений (планы повышения качества продукции) и оценка результативности мероприятий, направленных на обеспечение качества продукции на всех стадиях жизненного цикла и предупреждение отклонений от заданных требований.

Улучшения в организации необходимы для поддержания качества продукции и обеспечения конкурентоспособности компании. Они проводятся, чтобы удовлетворить требования своих потребителей и превзойти их ожидания, а также что бы сократить издержки предприятия для максимального извлечения прибыли. Требования к постоянным улучшениям заложены в отечественные и зарубежные документы СМК «Организация должна постоянно улучшать пригодность, адекватность и результативность системы менеджмента качества», далее они транслированы в требования стандарта АО «ОДК» «Управление качеством. Проекты по улучшениям в области качества». Если невозможно решить проблему административными методами, то результат можно получить методом проведения проектов по улучшениям в области качества. Проектная деятельность наиболее подходящий инструмент для проведения улучшений или преобразований производственной системы. Проекты по улучшениям проводятся по трем направлениям: повышение качества продукции, повышение эффективности работы контролеров и совершенствование процессов СМК. Целями данных проектов, как правило, являются: снижение количества несоответствий деталей и узлов от конструкторской документации, повышение пропускной способности участков контроля, сокращение времени на сбор информации и оформление отчетов и др.

Если рассматривать проекты по совершенствованию системы, то они проводятся в различных областях деятельности, затрагивающих как работу службы качества, так и работу других служб организации. Для реализации проектов можно использовать и информационные системы. Реализация проектов позволяет исключить потери на перемещения работников, потери на проведение совещаний и комиссий, сократить время на принятие решений и др. Для реализации проектов нужны не только материальные ресурсы, но и компетентные инженерные кадры, которые в комплексе знают цикл разработки и постановки на производство продукции и программных продуктов. Для проведения проекта формируется команда проекта, которая создается из специалистов различных направлений деятельности, но объединенная одной общей целью. Поэтому и развитие квалифицированных инженерно-технических кадров, способных решать нетривиальные задачи, стало еще актуальнее. Особое внимание уделяется обучению и практическому применению знаний по проведению проектов по улучшениям в области качества. Специалисты АО «ОДК» проводят обучение для работников предприятий, входящих в контур АО «ОДК», основам программно-проектного управления. Обучение проводится очно и по видео-конференц связи с демонстрацией материалов в виде презентаций. В обучение включены следующие темы: «Проектное управление улучшениями в области качества», «Инструменты анализа проблем и выявления причин», «Статистические методы контроля», «Компетентность команды» и др. Обучающие материалы систематически обновляются, актуализируется и дополняются новыми примерами из производственной практики. Для лучшего понимания материала предпочтительнее очное обучение, когда обучаемые в виде дискуссии могут задать вопросы по теме и получить ответ. Живое общение способствует лучшему восприятию материалов. После запуска проектов по улучшениям в области качества специалисты ОДК оказывают методическое сопровождение работникам предприятий, начиная от формирования устава проекта до окончания проекта.

С каждым годом число предприятий в контуре АО «ОДК», вовлеченных в проектную деятельность, увеличивается и на конец 2024 года составило 11 предприятий. Также увеличилось и количество реализованных проектов по улучшениям в области качества, их количество составило 20 проектов в год.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования».
2. ГОСТ РВ 0015-002-2020 «Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Система менеджмента качества».

Лигус Е.А.
ведущий инженер,
«СургутНИПИнефть» ПАО «Сургутнефтегаз»,
Россия, Сургут
evgeniya.ligus@mail.ru
Парфеньева И.Е.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
iparfeneva@mail.ru

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. В статье рассматривается одна из причин возникновения аварийных ситуаций на объектах нефтегазовых компаний – некачественные инженерные изыскания. Раскрывается проблема отсутствия нормативно-правового регулирования в области изысканий. Для повышения качества инженерных изысканий предлагается схема построения системы внутреннего контроля качества изысканий с акцентированием внимания на контроль знаний исполнителей работ и проверку оборудования.

Ключевые слова: объекты нефтегазового комплекса, причины возникновения аварий, инженерные изыскания, система контроля качества.

Ligus E.A.
Senior Engineer
«SurgutNIPIneft» PJSC «Surgutneftegas»
Russia, Surgut
evgeniya.ligus@mail.ru
Parfenyeva I.E.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
iparfeneva@mail.ru

QUALITY CONTROL OF ENGINEERING SURVEYS FOR THE CONSTRUCTION OF OIL AND GAS INDUSTRY FACILITIES

Abstact. The article discusses one of the causes of emergencies at oil and gas companies' facilities – poor-quality engineering surveys. The problem of the lack of regulatory regulation in the field of research is revealed. To improve the quality of engineering surveys, a scheme is proposed for building an internal quality control system for surveys with an emphasis on monitoring the knowledge of contractors and checking equipment.

Keywords: oil and gas facilities, causes of accidents, engineering surveys, quality control system.

Успех и развитие нефтегазовой промышленности повышает уровень экономического развития Российской Федерации, в то же время эта отрасль экономики является одной из наиболее опасных. Она характеризуется высокой взрыво- и пожароопасностью, значительной загрязняющей способностью, большой землеемкостью. Объекты бурения и добычи, объекты обустройства месторождений относятся к категории опасных производственных объектов (ОПО) в соответствии с федеральным законом [1] и в наибольшей степени подвержены риску возникновения серьезной аварии.

Целью данной работы является разработка предложений по повышению качества инженерных изысканий для строительства объектов нефтегазовой промышленности.

Актуальность темы обуславловлена тем, что современные вызовы нефтегазовой отрасли требуют адекватного развития инженерных изысканий, призванных обосновывать проектные решения на всех этапах жизненного цикла объектов.

По данным Ростехнадзора к основным причинам возникновения аварий на объектах нефтегазового комплекса относятся [2]:

- ошибки при проектировании объекта;
- нарушение технологии строительства и эксплуатации объектов;
- коррозионное разрушение металла;
- физический износ оборудования;
- отказ средств автоматизации, предохранительных устройств и отдельных соединений технологического оборудования;
- ошибки обслуживающего и ремонтного персонала;
- механические повреждения, стихийные бедствия.

Рассмотрим более подробно первый случай возникновения аварийных ситуаций.

Проектирование ОПО, независимо от класса опасности, основывается на результатах инженерных изысканий (далее – изыскания) и полностью зависит от качества и точности выполненных работ. Изыскания обеспечивают комплексное изучение природных условий территории и факторов техногенного воздействия на территорию объектов в целях рационального и безопасного использования территорий и земельных участков [3].

Согласно справочным данным, ежегодно, только в районах Восточной и Западной Сибири инженерно-изыскательскую деятельность осуществляют такие лидеры нефтяной отрасли как ПАО НК «Роснефть», ПАО »Сургутнефтегаз», ПАО «Газпром нефть», ПАО «НГК «Славнефть», ПАО «Татнефть», ПАО АНК «Башнефть», ПАО «Лукойл» [4].

Одной из таких компаний выполняется изысканий в объеме более 90 кв. км топографических съемок различных масштабов, пробуривания более 95 000 п/м геологических выработок. В результате выпускается более 280 комплексных отчетов по инженерным изысканиям, в состав которых входят более 1 000 км трасс линейных сооружений и более 100 кустовых площадок на различных месторождениях [5].

Ввиду строительства значительного количества ОПО и неизбежного возникновения аварийных ситуаций в градостроительном законодательстве установлены требования обязательного контроля качества выполненных работ на разных этапах жизненного цикла объекта строительства.

В настоящее время нормативная база по контролю качества изысканий отсутствует. Пунктом 4.9 свода правил [6] установлено только лишь само наличие внутреннего контроля качества. Выбор методологии и способов контроля остаются за исполнителем изысканий.

Также установлена обязанность в разработке системы контроля качества и приемки инженерных изысканий. Система может быть разработана в виде стандарта организации или положения о системе контроля качества, и должна содержать требования к организации контроля и приемки работ, и соответствующие формы актов.

Привлечение для проведения контроля третьей стороны (супервайзинг) – наиболее распространенный способ соблюдения этих требований [7], однако следует отметить, что такой способ несет дополнительные затраты и не гарантирует отсутствие ошибок и отклонений.

Качество и точность результатов изысканий зависит от двух наиболее значимых факторов: это оборудование и работники.

Если в первом случае контроль заключается в проверке исправности и наличия либо отсутствия метрологической прослеживаемости путем поверки или калибровки применяемых средств измерений, то во втором случае все намного сложнее. Можно каждый раз перепроверять измерения, повторно отбирать пробы, но такой контроль будет безуспешным, если изыскания проводит работник с недостаточной квалификацией.

Для решения этой задачи необходимо выполнить следующий комплекс мероприятий:

1) Систематически проводить проверку знаний у работников, выполняющих изыскания. Цель – выявить потребность в подготовке и проведении технической (внутренней) учебы. Ключевым моментом является проведение учебы контролирующими. Таким образом барьеры между работниками и контролирующими будут снижены к минимуму. Работник смо-

жет обратиться за дополнительной информацией по сложным вопросам, тем временем контролирующий будет стремиться к подробной и надлежащей передаче знаний.

2) Обеспечить четкие границы областей ответственности контролирующих, используя матрицу ответственности.

Важно, чтобы работники, ответственные за контроль, знали и умели применять на практике статистический анализ полученных результатов и избегали формальной оценки изыскательской работы. Также необходимо обеспечить контролирующим доступ к актуальной нормативной документации, регламентирующей требования к качеству изысканий.

Учитывая вышесказанное, следующим этапом будет разработка системы контроля, состоящей из четырех последовательных проверок.

Первая – технический контроль. Заключается в анализе технического задания, соответствия программы инженерных изысканий требованиям технического задания, нормативно-правовых актов и документов по стандартизации Российской Федерации.

Вторая – предварительный контроль. Осуществляется до начала выполнения работ на предмет готовности работников, необходимого оборудования, условий окружающей среды. Получение данных с материалами предыдущих работ. Цель – обеспечить правильное планирование и подготовку.

Третья – текущий контроль. Проводится в процессе выполнения изыскательских работ и реализации программы изысканий. Позволяет выявить отклонения от технического задания и технических регламентов на ранних этапах и вносить необходимые корректировки.

К основным видам инженерных изысканий относятся [6]: инженерно-геологические, инженерно-экологические, инженерно-геодезические, инженерно-гидрометеорологические изыскания.

Текущий контроль инженерно-геологических изысканий должен включать проверку:

- способа привязки скважин и точек опытных работ на местности;
- способа бурения скважин, правильность ведения буровых журналов;
- соблюдения методик отбора, упаковки и транспортирования проб;
- соблюдения методик выполнения полевых испытаний грунтов.

Текущий контроль инженерно-экологических изысканий включает проверку:

- маршрутного обследования территории, сводки описаний ландшафтов, включающей натурные обследования флоры и фауны;
- пробоотбора почвы с поверхностного слоя методом конверта для стандартного набора исследований (санитарно-химических, санитарно-бактериологических, санитарно-паразитологических, токсикологических и гамма-спектрометрических);
- пробоотбора грунта для проведения санитарно-химического и гамма-спектрометрического анализов, вод (поверхностных и грунтовых), донных отложений для лабораторных исследований;
- заложения и описания почвенных разрезов, а также опробования почвы из генетических горизонтов для агрохимических исследований;
- изучения физических факторов воздействия: уровня шумового загрязнения, вибрации и электромагнитного излучения;
- радиационного обследования территории (гамма-съемка) и измерения мощности дозы гамма-излучения в контрольных точках;
- забора проб атмосферного воздуха и пр.

Текущий контроль инженерно-геодезических изысканий заключается в проверке:

- условий проведения геодезических работ;
- работы по созданию плановой съемочной геодезической сети;
- материалов лазерного сканирования;
- качества топографических работ на соответствие планово-высотного положения;
- полноты нанесения элементов ситуации на топографических планах и др.

Во время текущего контроля инженерно-гидрометеорологических изысканий должны проверяться:

- русловая съемка;
- определение уклонов водной поверхности;
- построение морфометрических (расчетных) створов;

- измерение скоростей течения и расходов воды;
- определение скорости и направления поверхностного течения;
- отбор проб воды и речных наносов;
- проведение рекогносцировочного обследования;
- определение площадей водосбора и т.д.

Четвертая – заключительный контроль. Осуществляется после завершения работ. Его цель – оценка достигнутых результатов, выявление отклонений и их причин.

Во время проведения контроля исполнитель сохраняет записи и фиксирует свидетельства (чек-лист, фото- и видеоматериалы). Полученная информация также может использоваться с целью улучшения системы контроля.

В дополнение к вышеперечисленному необходимо выполнить:

- дублирование критически важных работ по изысканиям (например, топографическая съемка);
- использование автоматизированных систем обработки результатов изысканий для исключения ошибок из-за человеческого фактора;
- использование наиболее надежных и простых элементов системы (например, отбор проб);
- создание схемы выполнения изысканий с ограниченными последствиями отказов составляющих (разбиение сложного процесса на подпроцессы).

Система внутреннего контроля качества изысканий и постоянное взаимодействие работников с контролирующими позволят не только устранить значительный объем отклонений, но и предотвратить их возникновение, а также повысить квалификацию работников, а значит и качество изысканий. При этом на повестке дня остаются вопросы нормативного обоснования по контролю всех видов инженерных изысканий на законодательном уровне. Интеграция контроля изысканий в систему контрольно-строительной деятельности путем включения в состав методики мероприятий по контролю качества изысканий [8] позволит решить эти проблемы, обеспечив бесспорное осмечивание затрат на изыскания, и существенно снизить риск получения некорректных проектных решений и возникновения аварийных ситуаций.

Для повышения качества инженерных изысканий в нефтегазовой отрасли предложен контроль знаний исполнителей работ и проверка оборудования. Контролирующими выступают работники этой же организации, без привлечения третьей стороны. Представлена схема построения системы внутреннего контроля качества изысканий. Система включает четыре вида проверки. Внедрение такой системы не требует дополнительных материальных затрат. Процедура контроля качества может быть разработана в виде стандарта организации.

Список литературы

1. Федеральный закон Российской Федерации от 21.07.1997 №116-ФЗ (редакция от 08.08.2024, с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.03.2025) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

2. Костина Е.А. Совершенствование методов экспертного исследования причин и обстоятельств несчастных случаев при эксплуатации объектов газового и нефтяного комплекса, вызванных ошибками проектирования. – Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral» №3 2020. – с. 269-278.

3. Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2004 №190-ФЗ (редакция от 26.12.2024, с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.03.2025) «Градостроительный кодекс Российской Федерации».

4. Справочник организаций нефтегазового комплекса департамента недропользования и природных ресурсов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // depprirod. admhmao.ru URL: https://depprirod.admhmao.ru/deyatelnost/5129561/spravochnik-organizatsiy-neftegazovogo-kompleksa/ (дата обращения 26.03.2025).

5. Изыскания института «СургутНИПИнефть» // oilcareer.ru URL: http:// www. oilcareer.ru/news/izyskanija_instituta_surgutnipineft/2014-07-23-1415 (дата обращения 26.03.2025).

6. СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения Актуализированная редакция СНиП 11-02-96» (редакция от 30.12.2020).

7. Могильный К.В., Козлов А.В. Контрольные мероприятия на этапе инженерных изысканий. // avtodor-eng.ru URL: https://avtodor-eng.ru/storage/app/media/news-posts/new/autumn%202023/%20Козлов%20Инженерные%20изыскания.pdf (дата обращения 27.03.2025).

8. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 04.08.2020 № 421/пр (редакция от 23.01.2025) «Об утверждении Методики определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации на территории Российской Федерации».

Гулин В.М.
студент,
РГАТУ имени П.А. Соловьева,
Россия, Рыбинск
gulin.volodya2016@yandex.ru
Иванова И.В.
к.т.н., доцент кафедры «Организация производства и управление качеством»,
РГАТУ имени П.А. Соловьева,
Россия, Рыбинск
gulin.volodya2016@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ ЗНАНИЯ НА КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ

Аннотация. Данная работа посвящена изучению роли качества в деятельности организации в результате смены индустриального типа общества на информационный тип, в котором яро преобладает информационная экономика. Для этого организация рассматривается с точки зрения системного анализа, т.е. предстаёт в виде совокупности подсистем и неделимых элементов. Где качеству уже отводится в т.ч. философская составляющая организации системы управления организацией. Тогда знания, в свою очередь, выступая в качестве ресурсов обеспечения деятельности позволяют достигать намеченного результата. А стандарт на требования к системам менеджмента качества создаёт условия для организации соответствующей работы, выделяя основные требования, предлагая инструмент реализации, которым является цикл Деминга. Применение, которого позволяет накопить знания организации, чтобы определить знания для функционирования процессов организации.

Ключевые слова: знание, качество, организация, система.

Gulin V.M.
Student
RGATU named after P.A. Solovyov
Russia, Rybinsk
gulin.volodya2016@yandex.ru
Ivanova I.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department
of Production Organization and Quality Management
RGATU named after P.A. Solovyov
Russia, Rybinsk
gulin.volodya2016@yandex.ru

IMPACT OF KNOWLEDGE ON THE QUALITY OF PRODUCTS AND SERVICES

Abstact. This work is devoted to the study of the role of quality in the organization's activities as a result of the change of the industrial type of society to the information type, in which the in-

formation economy is clearly predominant. For this, the organization is considered from the point of view of system analysis, i.e. it appears in the form of a set of subsystems and indivisible elements. Where quality is already assigned including the philosophical component of the organization's management system. Then knowledge, in turn, acting as resources for ensuring activities, allows you to achieve the intended result. And the standard for the requirements for quality management systems creates the conditions for organizing the relevant work, highlighting the basic requirements, offering an implementation tool, which is the Deming cycle. The use of which allows you to accumulate knowledge of the organization in order to determine the knowledge for the functioning of the organization's processes.

Keywords: knowledge, quality, organization, system.

Зарождение информационной экономики привело к смене парадигмы современного общества [1]. Индустриализация и автоматизация производства сменились производством и потреблением информации, т.е. наивысшей ценностью на данном этапе развития общества выступает информация и как следствие сфера услуг. Но что же изменилось с организацией работ в области качества? Если ранее в индустриальном обществе качеству уделялось значительное внимание, особенно в процессах производства, что способствовало развитию статистических методов управления, например, развитие и становление философии бережливого производства, развитие концепции статистического управления, появление концепции, ориентированной на операционную эффективность (6 сигм) и т.д. [2, 3]. То что же стало с качеством в информационном обществе? Неужели столь значимые и полезные идеи потеряли свою актуальность? Далее ответим на эти вопросы.

На промышленном предприятии процесс качества не спроста считается поддерживающим процессом, результат его деятельности не создаёт новую или добавочную ценность для конечного потребителя. Однако с приходом информационной экономики и экономики знаний, роль качества на промышленных предприятиях начинает всесторонне увеличиваться. Если когда-то роль качества сводилось к приёмочному контролю, затем к управлению качеством за счёт применения статистических методов на различных этапах технологического процесса, то сегодня процессы качества охватили все остальные процессы организации, чтобы минимизировать разрыв между ожиданиями потребителя процесса и выходом самого процесса. Иными словами, качество ушло от «общего» и «абстрактного» в пользу «широкого» и «всеобщего».

Так, зародилась концепция всеобщего менеджмента качества (TQM), где качество представлено системной характеристикой объекта наблюдения [4]. Тогда представляя промышленное предприятие как систему, состоящую из подсистем, элементов и связей, мы получаем механизм, нацеленный на достижение некоторого запланированного результата. В случае с промышленным предприятием, таким результатом является получение чистой прибыли и эффективное существование предприятия на рынке.

Функционирование системы и достижение её запланированных показателей будет возможно, когда каждая из её подсистем и элементов функционируют должным образом, т.е. достигают настолько маленьких запланированных результатов, что их объединение приводит к реализации стратегической цели промышленного предприятия. Для чего организация должна научиться управлять таким элементом, соответственно, знать его специфику и работать в рамках как утверждённых, так и проверенных практикой процедур. Что должно быть интерпретировано в качестве знаний организации.

Если обратиться к национальному стандарту ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» [5], то в п. 7.1.6 можно увидеть не только интерпретацию такого термина как «знания организации», но и требования к управлению ими. Тогда в соответствии со стандартом под знаниями организации следует понимать знания, необходимые для функционирования процессов организации. Но какие это должны быть знания и что с ними следует делать?

Опять же стандарт довольно-таки чётко отвечает на данный вопрос. Знания организации:

–должны оцениваться на предмет их достаточности;

−должны быть определены для функционирования процессов системы менеджмента качества (СМК) организации;

−должны поддерживаться в потребном объёме;

−должны быть доступными для всех заинтересованных лиц организации, для чего организация должна определить способ доступа к ним.

Несомненно, основными требованиями при управлении знаниями в организации выступают первые два требования: оценка текущего и потребного состояния. Без этого будет крайне затруднительно обеспечить результативное функционирование процессов организации и всей СМК (при её наличии). Для этого необходимо управлять процессами, чтобы научится определять коренные причины недостижения текущего и целевого состояния элементов, подсистем и системы в целом и накапливать опыт (знания организации) в привидении процессов организации к целевым состояниям.

Эффективным, проверенным временем инструментом, служит цикл PDCA (Деминга) [6], который не только заложен в основе ГОСТ Р ИСО 9001-2015, но и который стал одним из инструментов философии становления экономии Японии второй половины 20 века. Сущность данного инструмента сводится к непрерывному развитию, за счёт последовательно-цикличных шагов: планирования, реализации запланированного, сопоставление фактического и целевого состояния системы, улучшение. Тогда переход на последующий круг позволит перейти к накоплению знаний некоторой системы (процесса), внутри которого применяется цикл Деминга.

Таким образом, в рамках данной работы, было доказано, что с изменением типа общества, роль качества в процессах организации возросла. Сегодня качество сводится не только к контрольной или обеспечивающей функции, например, в процессах производства при входном, операционном или приёмочном контроле, но и является философией управления организацией. Для этого по-прежнему применяются статистические концепции и инструменты, что позволяет повысить эффективность управленских решений, поскольку их базой выступает анализ на основе знаний или же данных и информации.

Список литературы

1. Багрова, Н. А. Развитие информационной экономики России в современных условиях / Н. А. Багрова // Сервис в России и за рубежом. – 2016. – Т. 10, № 5(66). – С. 13-20. – DOI 10.12737/21191. – EDN WIOGNV.

2. Уиллер Д. Статистическое управление процессами: Оптимизация бизнеса с использованием контрольных карт Шухарта / Дональд Уиллер, Дэвид Чамберс; Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. – 409 с. – (Серия «Модели менеджмента ведущих корпораций»).

3. Управление качеством. Робастное проектирование. Метод Тагути. Пер с англ. – М.: «СЕЙФИ» 2002. – 384 с.

4. Всеобщее управление качеством: учебник для вузов / О.П. Глудкин, Н.М. Горбунов, А.И. Гуров, Ю.В. Зорин: под ред. О.П. Глудкина. – М. Горячая линия – Телеком, 2001. – 600 с.: ил.

5. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Система менеджмента качества. Требования: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утверждён и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 сентября 2015г. Np 1391-ст: введён впервые. – Москва: Стандартинформ, 2015. 32 с.

6. Нив Г. Организация как система: Принципы постоянного устойчивого бизнеса Эдвардса Деминга / Генри Нив; Пер. с англ. – М.: Альпина Паблишер, 2023. – 368 с.

Богданов Р.С.
начальник отдела,
ФГБУ «Главный научный метрологический центр Минобороны России»,
Россия, Мытищи
roman75.bogdanov@yandex.ru
Вячеславова О.Ф.
д.т.н., профессор кафедры «Стандартизация, метрологии и сертификации»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва.
vyache-smis@mail.ru

СТРУКТУРА ТРЕБОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Аннотация. Представлена структура требований в области обеспечения единства измерений РФ, регламентированная в нормативных и правовых документах, предлагаемая структура может послужить основой для актуализации требований к метрологическому обеспечению различных сфер деятельности и отраслей промышленности.

Ключевые слова: структура требований в области обеспечения единства измерений, нормативно-правовые документы, актуализация требований метрологического обеспечения, отрасли промышленности.

Bogdanov R.S.
Head of the Department of the Federal State Budgetary Institution
«Main Scientific Metrological Center of the Russian Ministry of Defense»
Russia, Mytishchi
roman75.bogdanov@yandex.ru
Vyacheslavova O.F.
Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Standardization,
Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vyache-smis@mail.ru

STRUCTURE OF REQUIREMENTS IN THE FIELD OF ENSURING THE UNIFORMITY OF MEASUREMENTS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Abstract. The structure of requirements in the field of ensuring the uniformity of measurements in the Russian Federation, regulated in regulatory and legal documents, is presented; the proposed structure can serve as the basis for updating the requirements for metrological support in various fields of activity and industries.

Keywords: structure of requirements in the field of ensuring the uniformity of measurements, regulatory documents, updating metrological requirements, industries.

Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ) Российской Федерации и менеджмент качества любого производства связаны тем, что метрологическое обеспечение является важным элементом управления качеством продукции. Качество выпускаемой продукции зависит от своевременности, достоверности, полноты и точности измерительных и контрольных операций, которые выполняются в процессе производства и при приёмке готовой продукции.

При организации процессов метрологического обеспечения метрологи тесно взаимодействуют со специалистами служб стандартизации и качества.

Знание требований законодательства к обеспечению единства измерений являются обязательными является обязательным для любого специалиста в области менеджмента качества.

Законодательство Российской Федерации в сфере обеспечения единства измерений (ОЕИ) за последние годы претерпело значительные изменения. Принят и регулярно дополняется изменениями Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» (далее ФЗ 102-ФЗ), который определяет, что сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений распространяется на измерения, единицы величин, эталоны единиц величин, стандартные образцы, средства измерений, к которым предъявляются обязательные метрологические требования. Опираясь на эти положения, метрологическое обеспечение необходимо рассматривать как обеспечение потребности государства в получении объективных, достоверных и сопоставимых результатов измерений, которое осуществляется путем установления метрологических требований к измерениям, единицам величин, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений.

ФЗ 102-ФЗ [1] содержит следующие требования к измерениям:

1. Перечень измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, при осуществлении деятельности, указанной в п. 1-3, 5-9, 11-17, 19 части 3 статьи 1, устанавливается Правительством Российской Федерации. Перечень измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, при осуществлении деятельности, указанной в п. в п. 4, 10 и 18 части 3 статьи 1, устанавливается федеральными органами исполнительной власти (ФОИВ) и госкорпорациями, по согласованию с ФОИВ, осуществляющего функции по выработке государственной политики в области ОЕИ. Такое разграничение обусловлено невозможностью установить единую номенклатуру измеряемых величин ввиду разнообразия измеряемых параметров и предъявляемых требований к ним в таких сферах как создание образцов вооружения, военной техники, объектов атомной энергетики, авиастроении и иных.
2. Измерения должны выполняться по первичным референтным методикам (методам) измерений, референтным методикам (методам) измерений и другим аттестованным методикам (методам) измерений за исключением методик (методов) измерений, предназначенных для выполнения прямых измерений.
3. Измерения должны выполняться с применением средств измерений утвержденного типа, прошедших поверку.
4. Результаты измерений должны быть выражены в единицах величин, допущенных к применению в Российской Федерации.

Рассмотренные требования к измерениям можно представить в виде трехуровневой структуры (рисунок 1).

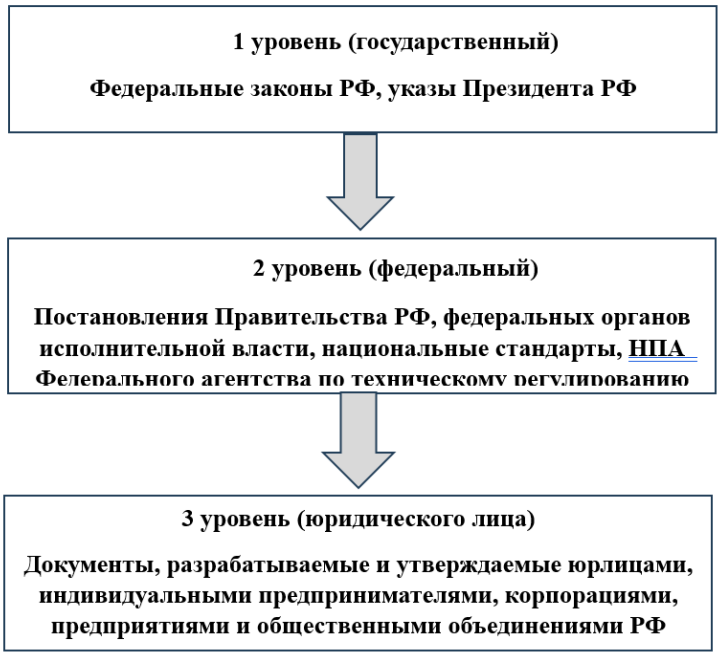


Рис. 1. Трехуровневая система требований к измерениям

1 уровень – государственный уровень, на этом уровне создаются общегосударственные правовые, нормативные, организационные, технические и экономические условия для решения задач по обеспечению единства измерений (федеральные законы, указы президента).

2 уровень – уровень федеральных органов исполнительной власти (далее ФОИВ) – на этом уровне осуществляется разработка государственной политики и нормативно-правовое регулирование в области ОЕИ, а также координация деятельности в этой сфере (правовые акты Правительства Российской Федерации, федеральных органов исполнительной власти, национальные стандарты, нормативно-правовые акты (далее НПА) Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии и пр.).

3 уровень – уровень юридического лица, на этом уровне метрологическую деятельность ведут метрологические службы, а также аккредитованные в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели (организационные и методические документы, принимаемые корпорациями, предприятиями и общественными объединениями), основывая свою работу прежде всего на НПА 1 и 2 уровней.

Совокупность всех организационных элементов и видов деятельности, связанных с обеспечением единства измерений, объединяется в Государственную систему обеспечения единства измерений (ГСИ).

Государственная система обеспечения единства измерений состоит из следующих подсистем (рисунок 2):

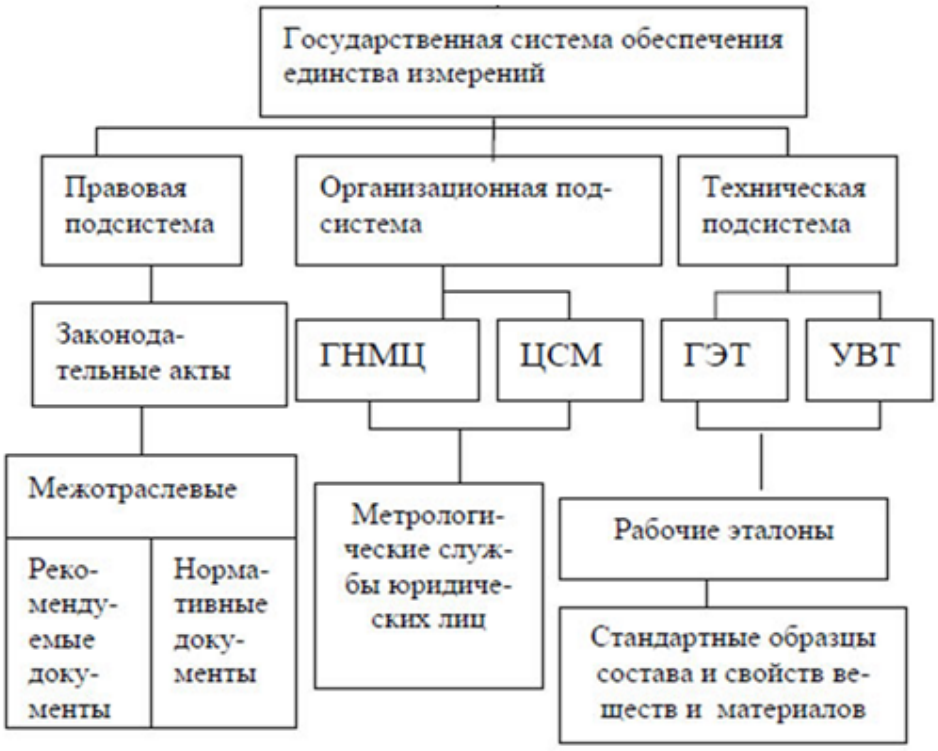


Рис. 2. Подсистемы государственной системы измерений:
ГНМЦ – государственные научные метрологические центры,
ЦСМ – центры стандартизации и метрологии, ГЭТ – государственные эталоны,
УВТ – установки высокой точности

– правовая подсистема (Федеральный закон от 26.06.2008 N 102-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об обеспечении единства измерений», комплекс национальных и межгосударственных стандартов ГСИ, стандарты на средства измерений (эталоны) и методики выполнения измерений, правила, нормы и рекомендации по метрологии);

– организационная подсистема (Государственная метрологическая служба, метрологические службы ФОИВ и юридических лиц, Управление метрологии Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, Государственные научные метрологические центры, Государственные региональные центры метрологии);

− техническая подсистема (межгосударственные и государственные эталоны; стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов; стандартные справочные данные о физических константах и свойствах веществ и материалов; средства измерений и испытательное оборудование, необходимое для осуществления метрологического контроля и надзора; специальные здания и сооружения для проведения высокоточных измерений в метрологических целях; научно-исследовательские, эталонные, испытательные, поверочные, калибровочные и измерительные лаборатории и их оборудование).

Объектами обеспечения единством измерений являются:

− совокупность узаконенных единиц величин и шкал измерений;

− терминология в области метрологии;

− государственные схемы воспроизведения и передачи размеров единиц величин и шкал измерений;

− способы и формы представления результатов измерений и характеристики погрешности;

− методы оценивания погрешности и неопределенности измерений;

− порядок разработки и аттестации методик выполнения измерений;

− комплекс нормируемых метрологических характеристик средств измерений;

− методы установления и корректировки межповерочных интервалов;

− порядок проведения испытаний в целях утверждения типа средств измерений и сертификации средств измерений;

− порядок проведения поверки и калибровки средств измерений;

− порядок осуществления метрологического контроля и надзора;

− типовые задачи, права и обязанности метрологических служб федеральных органов исполнительной власти и юридических лиц;

− порядок аккредитации поверочных, калибровочных, измерительных, испытательных и аналитических лабораторий, лабораторий неразрушающего и радиационного контроля в составе действующих в Российской Федерации систем аккредитации;

− порядок аккредитации метрологических служб и иных юридических и физических лиц по различным видам метрологической деятельности;

− методики выполнения измерений;

− методики поверки (калибровки) средств измерений.

Нормативная база ГСИ насчитывает более 3000 обязательных и рекомендательных документов, регламентирующих все аспекты в области метрологии. В их числе государственные и межгосударственные стандарты, правила по метрологии (ПР), методические инструкции (МИ), руководящие документы (РД), методические указания (МУ) и др.

Основополагающим документом в области обеспечения единства измерений является ГОСТ Р 8.000 – 2015 «ГСИ. Основные положения».

Техническую основу составляют 114 государственных эталонов, 76 установок высшей точности, около 15 млн рабочих эталонов и средств испытаний, более 8000 типов стандартных образцов.

Организационную подсистему ГСИ составляют следующие метрологические службы обеспечения единства измерений:

− Государственная метрологическая служба;

− метрологические службы федеральных органов исполнительной власти и юридических лиц;

− иные государственные службы.

В Государственную метрологическую службу входят:

− подразделения центрального аппарата Госстандарта России, осуществляющие функции планирования, управления, контроля деятельностью по обеспечению единства измерений на межотраслевом уровне;

− государственные научные метрологические центры;

− органы Государственной метрологической службы на территории субъектов Российской Федерации.

К иным государственным службам обеспечения единства измерений относятся:

− Государственная служба времени и частоты и определения параметров вращения Земли;

− Государственная служба стандартных образцов состава веществ и материалов (ГССО);

− Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов (ГССД).

Организационную, научную и практическую деятельность по обеспечению единства измерений осуществляют 11 научно-исследовательских метрологических институтов и центров, около 100 ЦСМ Госстандарта России, более 30 тыс. метрологических служб организаций и предприятий.

Подробный анализ содержания и взаимосвязи установленных требований 1-го и 2-го уровней ГСИ показал ряд особенностей, которые необходимо учитывать при обеспечении единства измерений в определенных сферах деятельности.

Рассмотрим ниже особенности применения средств измерений на территории РФ.

В пункте 3 «Требования к средствам измерений», статье 9 ФЗ 102-ФЗ [1] указывается, что в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений к применению допускаются средства измерений:

- утвержденного типа;
- прошедшие поверку в соответствии с положениями настоящего Федерального закона;
- обеспечивающие соблюдение установленных законодательством Российской Федерации об обеспечении единства измерений обязательных требований, включая обязательные метрологические требования к измерениям, обязательные метрологические и технические требования к средствам измерений, и установленных законодательством Российской Федерации о техническом регулировании обязательных требований. В состав обязательных требований к средствам измерений в необходимых случаях включаются также требования к их составным частям, программному обеспечению и условиям эксплуатации средств измерений. При применении средств измерений должны соблюдаться обязательные требования к условиям их эксплуатации.

Статья 12 ФЗ 102-ФЗ [1] устанавливает требования к утверждению типа средств измерений:

- при утверждении типа средств измерений устанавливаются показатели точности, интервал между поверками средств измерений, а также методика поверки данного типа средств измерений;
- решение об утверждении типа средств измерений принимается на основании положительных результатов испытаний в целях утверждения типа;
- утверждение типа средств измерений подтверждается включением сведений об утвержденном типе средств измерений в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений;
- испытания средств измерений в целях утверждения типа проводятся юридическими лицами, аккредитованными в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации на выполнение испытаний в целях утверждения типа.

Приказом Минпромторга России от 28 августа 2020 г. № 2905 [4] установлен Порядок проведения испытаний средств измерений в целях утверждения типа. В соответствии с этим Порядком заявка на проведение испытаний средств измерений должна содержать следующую информацию:

- наименование, место нахождения и адрес Заявителя;
- сведения о документе, подтверждающем полномочия Заявителя подавать заявку;
- сведения об изготовителях средств измерений;
- наименование и обозначение типа средства измерений;
- сведения о модификациях (исполнениях) средства измерений;
- назначение средства измерений; область применения средства измерений;

- характер производства средства измерений (серийное или единичное);

- сведения о наличии программного продукта, используемого для получения результатов измерений;

- заявляемые метрологические и технические характеристики средства измерений, включая показатели точности;

- сведения о наличии (отсутствии) документа, по которому будет осуществляться поверка средства измерений;

- сведения о документах, по которым осуществляется изготовление средства измерений (только для серийного производства);

- сведения о наличии (отсутствии) заводского и (или) серийного номера;

- сведения о наличии протоколов предварительных испытаний средства измерений;

- сведения об обязательных метрологических и технических требованиях к средствам измерений;

- сведения об уведомлении федерального органа исполнительной власти, осуществляющего федеральный государственный метрологический надзор, о начале осуществления деятельности по производству средств измерений (для средств измерений серийного производства, изготавливаемых на территории Российской Федерации);

- сведения о наличии (отсутствии) заключения Министерства промышленности и торговли Российской Федерации о подтверждении производства промышленной продукции на территории Российской Федерации.

Статья 13 ФЗ 102-ФЗ [1] устанавливает требования к поверке средств измерений:

- средства измерений, предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежат первичной поверке, а в процессе эксплуатации – периодической поверке;

- поверку средств измерений осуществляют аккредитованные в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации на проведение поверки средств измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели;

- Правительством Российской Федерации устанавливается перечень средств измерений, поверка которых осуществляется только аккредитованными в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации государственными региональными центрами метрологии.

Результаты поверки средств измерений подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, на средство измерений наносится знак поверки, и (или) выдается свидетельство о поверке средства измерений, и (или) в паспорт (формуляр) средства измерений вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

Приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 [5] установлены порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке.

Как видно из анализа, применению средства измерения по назначению предшествуют процедуры испытаний и утверждения типа средства измерения, внесения его в ФИФ, поверки. Каждая процедура регламентируется своим НПА. Схожая ситуация со стандартными образцами, эталонами – применению по назначению предшествуют процедуры испытаний, утверждения типа, аттестации/поверки.

В многообразии нормативно-правовых актов в области обеспечения единства измерений, изменений и поправок к ним непросто ориентироваться даже опытным специалистам. Для своевременного информирования заинтересованных лиц Федеральным законом РФ от 26 июня 2008 г. №102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» предусмотрено ведение Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений (ФИФ).

Федеральный информационный фонд образуют:

- нормативные правовые акты Российской Федерации;
- нормативные документы;
- информационные базы данных, включая информацию и данные Государственной службы стандартных справочных данных (ГСССД);
- международные документы;
- международные договоры Российской Федерации в области обеспечения единства измерений;
- сведения об аттестованных методиках (методах) измерений;
- единый перечень измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений;
- сведения о государственных эталонах единиц величин, применяемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений;
- сведения об утвержденных типах стандартных образцов или типах средств измерений;
- сведения о результатах поверки средств измерений (ФГИС «Аршин»).

В метрологических службах, на предприятиях, в организациях для повышения оперативности и достоверности применения НПА в области обеспечения единства измерений, экономии времени и ресурсов целесообразно использовать автоматизированные системы, платформы, продукты, оптимизирующие работу отделов качества, в том числе и метрологических органов, поскольку метрология является неотъемлемой частью системы менеджмента качества любой организации.

Анализ автоматизированных систем для работы с нормативно-технической документацией (НТД) показал возможность их применения в области ОЕИ.

Цифровая платформа «Техэксперт», представляющая из себя многофункциональный программный и информационный комплекс для управления нормативной и технической документацией предприятия, а также доступа и работы со всеми видами нормативных документов. В платформе есть инструмент для специализированного поиска требований по параметрам с целью подбора нормативной базы под конкретную задачу.

Данную платформу отличает:

- Модульность – набор продуктов и систем, реализованных с использованием унифицированного подхода к разработке программного обеспечения, единых форматов, интерфейсов обмена информацией. Каждый продукт может быть реализован как отдельная узкоспециализированная система под конкретную задачу, так и как единое многофункциональное решение потребностей крупного предприятия, организации.
- Поддержка цифровой трансформации – в решениях платформы заложена основа перехода от чтения и интерпретации требований человеком к их исполнению управляющими системами;
- Повышение цифровой зрелости – платформа способствует переходу предприятия на технологию цифровых двойников за счет внедрения стандартов для всех уровней нормативного регулирования.

NormaCS – система для автоматизации работы с нормативной документацией в любых отраслях промышленности Российской Федерации. Позволяет хранить большие объёмы нормативной документации и сопутствующей информации, а также поддерживать их в актуальном состоянии. В программе есть функции поиска по атрибутам, ключевым словам, датам ввода и утверждения документов.

Программа предназначена для хранения, поиска и отображения текстов и реквизитов нормативных документов, а также стандартов, применяемых на территории Российской Федерации и регламентирующих деятельность предприятий различных отраслей промышленности.

Программный продукт отличают следующие параметры:

всегда актуальная достоверная информация, включая действующие статусы документов, поправки к ним, история и изменения в НПА, обновления ежедневные;

уведомления об изменениях, доступах к информации, администрирование и аудит, сравнение с документами-предшественниками;

документы в различных форматах – текстовом и графическом (сканы документов, подтверждающие их достоверность);

соответствие законодательству РФ, успешно сертифицируется, подходит для аккредитации организаций и иным целям.

Применяемая трехуровневая структура обеспечения требований в области ОЕИ Российской Федерации позволяет правильно ориентироваться в существующем массиве нормативных документов в данной сфере, определять уровень ответственности за выполнение соответствующих требований, систематизировать возможности использования существующих информационных баз, а применение автоматизированных систем для работы с нормативно-технической документацией (НТД) повышает оперативность работы, своевременность актуализации документов, цифровую грамотность сотрудников.

Таким образом, при установлении требований к метрологическому обеспечению измерений, выполняемых при осуществлении любой деятельности (в тяжелом машиностроении, в области обороны и безопасности государства, здравоохранения и прочих), необходимо отталкиваться от предложенной структуры, дополнив ее необходимыми требованиям, учитывающими особенности выполнения измерений на объектах измерений – зданиях и сооружениях, агрегатах и комплексах, системах, на образцах вооружения, техники. Это позволит, используя ФИФ и применяя специализированные программные продукты, привести нормативные технические документы системы общих технических требований, менеджмента качества и другие документы по стандартизации выпускаемой продукции, устанавливающие требования к метрологическому обеспечению отраслей и направлений, в соответствие с законодательством РФ в сфере обеспечении единства измерений.

При этом использование программных продуктов, автоматизированных систем работы с НТД значительно повысит качество продукции предприятий за счёт обеспечения соответствия выпускаемой продукции или предоставляемых услуг всегда актуальным стандартам и нормативам, позволит экономить время сотрудникам благодаря возможности оперативно находить и использовать в своей деятельности необходимые нормативные документы, позволит снизить финансовые затраты благодаря экономии на приобретении, хранении, обслуживании и оцифровке архивов нормативно-технической документации в бумажном виде.

Список литературы

1. Федеральный закон Российской Федерации от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».

2. Постановление Правительства РФ от 16.11.2020 № 1847 «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений».

3. Приказ Минпромторга России от 15.12.2015 № 4091 «Об утверждении Порядка аттестации первичных референтных методик (методов) измерений, референтных методик (методов) измерений и методик (методов) измерений и их применения» (Зарегистрировано в Минюсте России 20.02.2016 № 41181).

4. Приказ Минпромторга России от 28.08.2020 № 2905 «Об утверждении порядка проведения испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа, порядка утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений, внесения изменений в сведения о них, порядка выдачи сертификатов об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, формы сертификатов об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, требований к знакам утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений и порядка их нанесения» (Зарегистрировано в Минюсте России 20.11.2020 № 61034).

5. Приказ Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» (Зарегистрировано в Минюсте России 20.11.2020 № 61033);

6. Постановление Правительства РФ от 31.10.2009 № 879 (ред. от 15.08.2015) «Об утверждении Положения о единицах величин, допускаемых к применению в Российской Федерации».

7. Постановление Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 г. № 734 «Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений».

8. Приказ Минпромторга России от 11.02.2020 № 456 «Об утверждении требований к содержанию и построению государственных поверочных схем и локальных поверочных схем, в том числе к их разработке, утверждению и изменению, требований к оформлению материалов первичной аттестации и периодической аттестации эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, формы свидетельства об аттестации эталона единицы величины, требований к оформлению правил содержания и применения эталона единицы величины, формы извещения о непригодности эталона единицы величины к его применению» (Зарегистрировано в Минюсте России 24.08.2020 № 59419).

Мягков А.А.
студент,
РГАТУ имени П.А. Соловьева,
Россия, Москва
andrey.myagkov.90@mail.ru
Иванова И.В.
к.т.н., доцент кафедры «Организация производства и управление качеством»,
РГАТУ имени П.А. Соловьева,
Россия, Москва

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА: ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ

Аннотация. Современный бизнес характеризуется высокой конкуренцией, глобализацией и возрастающими требованиями со стороны потребителей, регуляторов и общества в целом. В таких условиях компании вынуждены искать новые подходы к управлению, которые позволят им оставаться конкурентоспособными, минимизировать риски и обеспечивать устойчивое развитие. Одним из таких подходов является внедрение интегрированных систем менеджмента (ИСМ), которые объединяют различные аспекты управления в единую структуру. В данной статье рассмотрим предпосылки создания ИСМ, их значение для бизнеса и основные этапы формирования.

Ключевые слова: менеджмент, устойчивое развитие, интегрированные системы.

Myagkov A.A.
Student
RGATU named after P.A. Solovyov
Russia, Moscow
andrey.myagkov.90@mail.ru
Ivanova I.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department
of Production Organization and Quality Management
RGATU named after P.A. Solovyov
Russia, Moscow

INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEMS: PREREQUISITES FOR THE CREATION

Abstact. Modern business is characterized by high competition, globalization, and increasing demands from consumers, regulators, and society as a whole. In such conditions, companies are

forced to look for new management approaches that will allow them to remain competitive, minimize risks and ensure sustainable development. One of these approaches is the introduction of integrated management systems (IMS), which combine various aspects of management into a single structure. In this article, we will consider the prerequisites for the creation of IMS, their importance for business and the main stages of formation.

Keywords: management, sustainable development, integrated systems.

Эволюция систем менеджмента

Исторически системы менеджмента развивались как ответ на вызовы, с которыми сталкивались компании. В середине XX века основное внимание уделялось управлению качеством, что привело к появлению стандартов ISO 9000. Позже, с ростом экологической осознанности, стали внедряться системы экологического менеджмента (ISO 14001). В начале XXI века акцент сместился на управление охраной труда и безопасностью (OHSAS 18001, позже замененный на ISO 45001).

Однако по мере усложнения бизнес-процессов стало очевидно, что управление отдельными аспектами (качество, экология, безопасность) в изоляции друг от друга неэффективно. Это привело к идее интеграции различных систем менеджмента в единую структуру, что и стало основой для создания ИСМ.

Предпосылки создания интегрированных систем менеджмента

Современные компании работают в условиях высокой сложности бизнес-процессов, которые включают множество взаимосвязанных элементов. Управление каждым аспектом в отдельности требует значительных ресурсов и может приводить к дублированию функций, что снижает эффективность. Интеграция систем менеджмента позволяет устранить эти недостатки, обеспечивая более согласованное управление.

С развитием международных стандартов (ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 и др.) компании столкнулись с необходимостью соответствовать множеству требований. Интегрированная система менеджмента позволяет объединить эти требования в единую структуру, что упрощает процесс сертификации и снижает затраты на поддержание соответствия.

В условиях глобальной конкуренции компании стремятся оптимизировать свои процессы, чтобы снизить издержки и повысить качество продукции или услуг. ИСМ позволяет достичь этой цели за счет более эффективного использования ресурсов и устранения дублирующих процессов.

Современные компании все больше осознают свою ответственность перед обществом и окружающей средой. Интегрированные системы менеджмента позволяют учитывать экологические, социальные и экономические аспекты в единой стратегии, что способствует устойчивому развитию.

Интеграция систем менеджмента позволяет более эффективно идентифицировать, оценивать и управлять рисками, связанными с различными аспектами деятельности компании. Это особенно важно в условиях нестабильной внешней среды.

Основные этапы формирования ИСМ

Первым шагом к созданию ИСМ является анализ уже существующих в компании систем менеджмента. Это позволяет выявить дублирующие процессы, определить зоны пересечения и разработать стратегию интеграции.

На основе анализа разрабатывается единая политика, которая охватывает все аспекты управления (качество, экология, безопасность и др.). Также определяются стратегические цели, которые должны быть достигнуты с помощью ИСМ.

Следующим этапом является разработка интегрированных процессов, которые объединяют различные аспекты управления. Это включает в себя стандартизацию процедур, создание единой системы документооборота и внедрение инструментов для мониторинга и анализа.

Успешное внедрение ИСМ невозможно без обучения персонала. Сотрудники должны понимать принципы работы интегрированной системы и быть готовы к изменениям в процессах.

После внедрения ИСМ необходимо регулярно проводить мониторинг ее эффективности и вносить корректировки. Это позволяет обеспечить постоянное улучшение процессов и достижение стратегических целей.

Интегрированные системы менеджмента представляют собой мощный инструмент для повышения эффективности управления в современных компаниях. Их создание обусловлено рядом предпосылок, включая усложнение бизнес-процессов, требования регуляторов, необходимость повышения конкурентоспособности и устойчивого развития. Внедрение ИСМ требует тщательной подготовки, анализа существующих систем и разработки единой стратегии. Однако при правильной реализации интегрированные системы менеджмента способны значительно улучшить показатели компании и обеспечить ее долгосрочный успех.

Список литературы

1. Перспективы развития менеджмента качества [Электронный ресурс]. URL:: https://na-journal.ru/4-2024-ekonomika-menedzhment

2. Что такое интегрированная система менеджмента [Электронный ресурс]. URL:: https://www.est-cert.ru/

3. Совершенствование элементов ИСМ на основе риск-менеджмента [Электронный ресурс]. URL:: https://scienceforum.ru/

Мухин М.П.
аспирант,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
muxin_10@mail.ru
Одиноков С.А.
д.т.н., профессор кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
odinokovs@mail.ru
Левина Т.А.
к.э.н., заведующий кафедрой «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
t.a.levina@mospolytech.ru

ОЦЕНКА ЗРЕЛОСТИ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Аннотация. В статье представлены возможности по оценке текущего состояния уровня развития системы менеджмента качества в организации. Предлагается обратить особое внимание на построение эффективных обратных связей при реализации принципов менеджмента качества. Даются рекомендации по построению и оценке обратных связей в системе менеджмента качества. Предлагаются использовать показатели качества обратной связи для оценки зрелости системы менеджмента качества.

Ключевые слова: система менеджмента качества, принципы менеджмента качества, обратная связь, зрелость системы менеджмента.

Mukhin M.P.
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
muxin_10@mail.ru
Odinokov S.A.
Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
odinokovs@mail.ru
Levina T.A.
Candidate of Economic Sciences, Head of the Department «Standardization, Metrology and Certification»
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
t.a.levina@mospolytech.ru

MATURITY ASSESSMENT AND WAYS TO IMPROVE THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Abstact. The article presents the possibilities to assess the current state of the level of development of the quality management system in the organization. It is suggested to pay special attention to the construction of effective feedbacks in the implementation of quality management principles. Recommendations on the construction and evaluation of feedbacks in the quality management system are given. It is suggested to use indicators of feedback quality to assess the maturity of the quality management system.

Keywords: quality management system, quality management principles, feedback, maturity of the management system.

В современном мире каждой организации для обеспечения конкурентоспособности необходимо особое внимание уделять собственной системе качества, ее проверке, оценке и развитию. Наиболее важным способом проверки сегодня является сертификации системы менеджмента качества (СМК) этой организации. Как правило, проверяется соответствие СМК требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015 или стандартам, разработанным на его основе и с использованием его принципов и подходов. Данная процедура дает организации ряд преимуществ, таких как повышение качества продукции и услуг, улучшение репутации и доверия со стороны клиентов и партнёров, оптимизация бизнес-процессов, снижение издержек, повышение эффективности работы персонала, а также возможность выхода на новые рынки и участия в тендерах, где наличие сертификата является обязательным условием [1]. Однако, уже сегодня наличие сертификата становится всего лишь базовым, стартовым условием для обеспечения конкурентоспособности.

Другим способом оценки текущего уровня развития компании и ее отдельных процессов является участие в конкурсе на получение премии по качеству. Такие премии стимулируют компании к постоянному совершенствованию и внедрению передовых методов управления качеством [2]. Возможность сравнить отдельные направления деятельности с наилучшими примерами дает возможности простимулировать их развитие. Для определения направления совершенствования можно использовать и отдельные методики, например, «Систему 20 ключей». Учитывая достаточно четкое описание возможных уровней развития организации, у высшего руководства появляется достаточно понятный механизм дальнейшего развития производственного предприятия [3].

Однако, сегодня и типовая СМК организации на основе требований ГОСТ Р ИСО 9001-2015 обладает достаточно большим потенциалом для обеспечения качества и конкуренто-

способности организации. И необходимо более полно и эффективно использовать ее возможности. Общеизвестно, что в основе разработки, внедрения и поддержания СМК лежат принципы менеджмента качества (ПМК), которые должны обеспечивать высокий уровень зрелости организации. Руководящие указания в стандарте ГОСТ Р ИСО 10014-2008 предлагают провести самооценку организации на предмет использования ПМК на основе анкетирования работников. Им ставится задача обсудить и ответить на вопросы об уровне применения каждого ПМК. В свою очередь, мы предлагаем усилить точность оценки за счет дополнительного определения основных процессов реализации каждого принципа, выявления формы и параметров обратной связи в них, а также интегральной оценки состояния этих связей. Под процессом обратной связи (ОС) понимается процесс анализа и обмена информацией, необходимой для осуществления деятельности компании и влияющей на деятельность других элементов модели. Чем выше качество, скорость и точность передаваемой информации, тем больше вероятность принятия своевременного и правильного управленческого решения.

Целью процесса обратной связи является:

- наблюдение за основным процессом по реализации отдельного принципа менеджмента качества;
- получение оценки, в том числе сравнительной, об уровне результативности и эффективности основного процесса;
- обнаружение несоответствий или слабых уровней запланированных действий;
- обнаружение и подавление внешних и внутренних негативных возмущений для основного процесса.

Осуществление процессов обратной связи должно осуществляться на двух уровнях:

а. ОС первого уровня – ОС при реализации отдельного ПМК. Задачей является проверка по выяснению насколько успешно реализуется ПМК и выполнению возможных действий, в том числе указанных в ГОСТ Р ИСО 9000-2015; например, доведение ожиданий потребителей до работников организации;

б. ОС второго уровня – ОС для СМК в целом. Задачей является получение информации на уровне службы качества, проведение соответствующего анализа и принятие управляющего решения со стороны руководителя организации (рис.); например, анализ высшим руководством удовлетворенности потребителей.

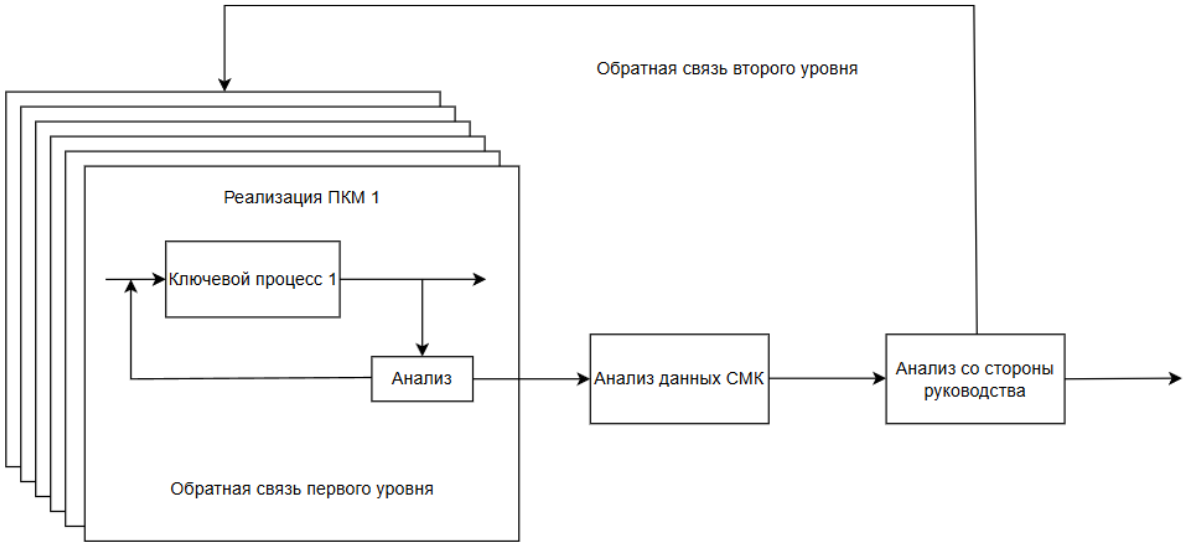


Рис. Модель управления на основе оценки обратных связей при реализации ПМК

Для эффективной реализации отдельных ПМК может потребоваться использование ряда процессов и операций, но в начале исследования можно ограничиться оценкой ключевых из них. Для этого определяется последовательность действий для осуществления обратной связи и также выделяется основная операция для оценки, представленные в Таблице 1.

Таблица 1

Примеры ключевых процессов и типовых видов обратных связей

	Ключевые процессы ПМК	Типовые виды обратной связи (основная операция)
1	Определение и выполнение требований потребителей	Анализ удовлетворенности потребителей
2	Определения целей и задач организации и их реализация	Проверка степени выполнения целей и задач
3	Создание внутренней среды, обеспечивающей вовлеченность работников	Анализ удовлетворенности работников
4	Процесс построения внутренних и внешних связей	Анализ эффективности внутренних и внешних связей
5	Планирование и выполнение основных и вспомогательных процессов СМК	Оценка результативности и эффективности процессов
6	Непрерывное улучшение СМК, процессов, продукции и услуг	Подтверждение степени улучшения

Следует подчеркнуть, реализация принципа менеджмента качества «Принятие решений на основе свидетельств» занимает ключевую роль в управлении на основе обратных связей.

Проведение частных и общей оценки реализации принципов менеджмента качества следует проводить в рамках выполнения требования СМК «Анализ данных» для подготовки материалов для последующего анализа со стороны Руководства организации, предусматривающего, в том числе, принятие решений по улучшениям. Дополнительным станет оценка качества обратной связи, для которой следует использовать ряд общих и специфичных показателей:

- результативность ОС,
- эффективность ОС,
- устойчивость ОС,
- чувствительность ОС,
- надежность (робастность) ОС.

Стандарт ГОСТ Р ИСО 10014-2008 «Руководящие указания по достижению экономического эффекта в системе менеджмента качества» посвящён анализу внедрения принципов менеджмента в систему менеджмента качества. Методика расчета уровня зрелости, представленная в данном стандарте, используется для расчета самооценки компании на основе каждого ПКМ, но в меньшей степени включает в себя расчет оценки и степени развития ОС при реализации отдельного ПМК.

В данной статье предлагается вариант добавления вопросов самооценки для каждого ПКМ в части реализации ОС. Чтобы расширить понимание руководства о степени зрелости своей компании предлагается следующий (или адаптированный под специфику отдельной компании) набор вопросов самооценки для каждого ПКМ в части реализации ОС, представленный в Таблице 2.

Далее каждому показателю присуждаются баллы в зависимости от текущего состояния. После этого для каждого ПКМ рассчитывается среднее значение и получается общий результат. Полученный результат переносится на лепестковую диаграмму [4].

Система оценки степени зрелости элементов модели, основанная на ПКМ, позволяет компании получить ряд преимуществ. Среди них:

- повышение точности определения уровня взаимодействия между всеми участниками,
- возможность выявления и устранения слабых мест в процессе обмена информацией,
- способность повлиять на укрепление партнёрских отношений с заинтересованными сторонами,
- возможность осуществления непрерывного совершенствования и повышения качества продукции или услуг,
- повышение конкурентоспособности организации на рынке благодаря прагматичной и регулярной оценки степени зрелости системы менеджмента качества.

Таблица 2

Вопросы по самооценке для каждого ПКМ в части реализации ОС

Принцип менеджмента качества	Уровень зрелости
1 Ориентация на потребителя	
Организация установила способы, периодичность, ключевые показатели, порядок процедуры сбора и анализа обратной связи от потребителей?	1-5 баллов
2 Лидерство	
Организация установила способы, периодичность, ключевые показатели, порядок процедуры донесения позиции Высшего руководства до работников, в части обеспечения единства целей и направления деятельности?	1-5 баллов
Организация установила способы, периодичность, ключевые показатели, порядок процедуры донесения позиции Высшего руководства до работников, в части вовлечения в решение задач организации?	1-5 баллов
3 Взаимодействие работников	
Организация установила способы, периодичность, ключевые показатели, порядок процедуры обмена обратной связью между работниками и подразделениями?	1-5 баллов
4 Процессный подход	
Организация установила способы, периодичность, ключевые показатели, порядок процедуры обмена информацией между владельцами взаимосвязанных процессов?	1-5 баллов
5 Улучшение	
Организация установила способы, периодичность, ключевые показатели, порядок процедуры внедрения и осуществления улучшений на основе полученной обратной связи?	1-5 баллов
6 Принятие решений, основанное на свидетельствах	
Организация установила способы, периодичность, ключевые показатели, порядок процедуры осуществления деятельности организации на основе точных и подтвержденных данных обратной связи?	1-5 баллов
7 Менеджмент взаимоотношений	
Организация установила способы, периодичность, ключевые показатели, порядок процедуры сбора и анализа потребностей и ожиданий от поставщиков и других заинтересованных лиц?	1-5 баллов

По итогам проведенного исследования получена модель управления на основе оценки обратных связей при реализации ПМК. Оценка ОС при реализации ПМК позволяют получить ясные и простые результаты оценки степени зрелости системы менеджмента качества организации. Благодаря этому полученная модель может применяться во многих организациях, осуществляющие различную по направленности деятельность. Таким образом, результаты исследования могут служить основанием для дальнейших научных исследований и разработок в данной области.

Список литературы

1. Кабилова Ю. А., Сергеева И. Г. Оценка уровня зрелости системы менеджмента качества организации по сертификации // Экономика и экологический менеджмент. 2021. №4. С. 113-121.

2. Сушников Виктор Александрович, Черненькая Людмила Васильевна, Черненький Андрей Владимирович Самооценка организации как инструмент достижения устойчивого успеха организации // Известия ТулГУ. Технические науки. 2023. №4. С. 454-459.

3. Кобаяси И. 20 ключей к совершенствованию бизнеса. Практическая программа революционных преобразований на предприятиях. пер. с яп. М.: Стандарты и качество, 2012. С. 160-165.

4. ГОСТ Р ИСО 10014-2008 «Руководящие указания по достижению экономического эффекта в системе менеджмента качества». 2008. С. 12.

Левина Т.А.
к.э.н., заведующий кафедрой «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
gta03@mail.ru
Грозовский Г.И.
д.т.н., профессор кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
grozg@mail.ru
Макушкин А.С.
аспирант,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
alex.mcn@yandex.ru

АДАПТАЦИЯ ПЕРСОНАЛА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ В АДАПТИВНОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Аннотация. В статье рассматривается адаптация персонала на рабочем месте в рамках адаптивной интегрированной системы менеджмента качества (ИСМК). Адаптация является ключевым фактором успешной интеграции сотрудников в организацию и обеспечения высокого уровня качества продукции или услуг. ИСМК позволяет эффективно управлять процессом адаптации, обеспечивая непрерывное улучшение процессов и повышение конкурентоспособности предприятия.

Ключевые слова: адаптация персонала, безопасность, качество, анализ рисков, человеко-машинная система, обучение, коммуникация.

Levina T.A.
Candidate of Economics, Head of the Department «Standardization, Metrology and Certification»
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
gta08@mail.ru
Grozovskiy G.I.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department
«Standardization, Metrology and Certification»
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
grozg@mail.ru
Makushkin A.S.
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
alex.mcn@yandex.ru

ADAPTATION OF PERSONNEL IN THE WORKPLACE IN AN ADAPTIVE INTEGRATED QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Abstact. The article discusses the adaptation of personnel in the workplace within the framework of the adaptive integrated quality management system (IQMS) is considered. Adaptation is a key factor in the successful integration of employees into the organization and ensuring a high level of product or service quality. IQMS allows you to effectively manage the adaptation process, ensuring continuous improvement of processes and increasing the competitiveness of the enterprise.

Keywords: personnel adaptation, safety, quality, risk analysis, human-machine system, training, communication.

В современном мире адаптация персонала на рабочем месте является одним из ключевых факторов успешной работы предприятия. Особенно это актуально для опасных производственных объектов, где требования к безопасности и качеству продукции высоки. Традиционно, исследование безопасности и управление промышленной безопасности в большей степени фокусируются на нежелательных событиях и последствиях путем анализа риска [1]. Перспектива этого подхода обеспечивается рассмотрением отказов систем и их последствий, использующих глубокий анализ [2]. Но такой подход не учитывает отклонения и нарушения взаимодействий персонала между собой и техникой в эксплуатационных процессах и установленных правил. Акцент на отказы дает представление о надежности оборудования, но изменение условий работы оператора является основной опасностью и требует анализа адаптации человека на рабочем месте в реальных условиях.

Рабочее место в адаптивной ИСМК. При разработке адаптивной системы управления промышленной безопасностью нужно принимать во внимание не только риск аварий, связанный со сценариями развития аварийных ситуаций, неисправностями оборудования и ошибками персонала, но и учитывать отказы коммуникаций в обратных связях и их воздействие на результаты аварий [3].

Рабочее место – это система взаимодействия человека и машины [4]. Система «человек-машина» представляет собой открытую термодинамическую систему, находящуюся в устойчивом неравновесном состоянии при штатном функционировании [5]. Любые изменения этого состояния должны вызывать активацию обратных связей, флуктуации параметров или формирование новой структуры в этой системе, если существующих ресурсов недостаточно для обеспечения безопасности, качества, эффективности и других целевых показателей.

Существуют требования к безопасности человеко-машинной системы, их взаимодействию, включая требования к информационному обеспечению управления машиной [5].

Фактически, указанные требования определяют обратные связи на рабочем месте. Чтобы элементарная подсистема – рабочее место – была адаптивной, необходимо обеспечить функционирование петель обратной связи для обнаружения возможных отказов внутри системы и изменений внешних условий [6]. Элементы этих обратных связей должны быть включены в петли обратной связи как внутри системы, так и на более высоких уровнях иерархии.

Рабочее место функционирует как система саморегуляции на нижнем уровне иерархии объекта [7]. Оно подобно клетке организма содержит автоматические механизмы с короткими циклами и высокой частотой срабатывания. В зависимости от сложности рабочее место может включать обратные связи в машине, между машиной и оператором, а также в самом операторе [8]. Машина способна адаптироваться к внутренним структурным и функциональным сбоям, ошибкам оператора и внешним изменениям, включая требования безопасности [9].

Регулирующие нормы для рабочих мест должны быть обобщёнными, чтобы создавать возможности для саморегулирования и позволить проектировщикам проявлять гибкость, находить творческие подходы и использовать инновационные материалы [10].

На этапе проектирования рабочего места необходимо провести оценку риска аварий, которая включает выявление опасностей, разработку сценариев развития аварийных ситуаций и управление рисками с применением компенсирующих мер.

В результате оценки рисков следует разработать инструкции для сотрудников и руководство по использованию оборудования. Кроме того, нужно определить требования к персоналу, включая его способность адаптироваться к нестандартным ситуациям при работе машины, поломкам оборудования и сбоям в функционировании [11].

Изменение устойчивого состояния должно активизировать дополнительные механизмы саморегуляции или задействовать более высокие уровни иерархии, если это необходимо.

На внутриорганизационном уровне отделов и рабочих групп можно выделить следующие элементы для системных взаимодействий между процессами и обеспечения обратной связи:

- создание условий для продуктивного взаимодействия и развития распределённого интеллекта;

- формирование атмосферы, способствующей образованию групп и инноваций, их распространению [10];

- развитие недирективных взаимодействий между организациями и людьми на основе общих интересов, что способствует лучшему взаимопониманию и установлению благоприятных отношений;

- учёт поведения сотрудников при взаимодействии на уровне организации вместо акцента на локальных контролируемых событиях;

- использование взаимодействий для вовлечения отдельных лиц и групп в различные процессы;

- обучение персонала навыкам эффективного взаимодействия в сложных ситуациях.

Таким образом, выделим основные аспекты адаптации персонала на рабочем месте:

1 Обучение и развитие. Обучение персонала является ключевым элементом адаптации. Обучение включает в себя теоретические занятия, практические тренинги и повышение квалификации. Важно, чтобы обучение было постоянным и адаптированным к изменениям в производственных условиях и требованиям стандартов качества [7, 8].

2 Коммуникация и взаимодействие. Эффективная коммуникация между различными уровнями управления и подразделениями помогает обеспечить гармоничное взаимодействие и быстрое реагирование на возникающие проблемы [10]. Коммуникация включает в себя регулярные совещания, обмен опытом и т.д. [7, 8].

3 Мотивация и поддержка. Мотивация сотрудников играет важную роль в успешной адаптации [12]. Мотивация включает в себя создание благоприятной рабочей среды, предоставление возможностей для профессионального роста и поощрение за достижения [7, 8, 9]. Поддержка со стороны руководства и коллег также способствует повышению мотивации и удовлетворенности работой.

Перспективы рассмотрения отказов оборудования и ошибок людей в системе управления безопасности на опасных производственных объектах постепенно должны сдвигаться к анализу отказов коммуникаций между работниками, приводящих к нарушению обратных связей и возрастанием понимания того, что непредвиденные обстоятельства не могут быть полностью рассчитаны для эксплуатационных процедур.

Для адаптивной системы менеджмента качества необходимо взаимодействие персонала (как наиболее адаптивного элемента системы) различных процессов, образующих обратные связи. При оценке риска нарушений каждого процесса кроме обычных отказов оборудования и ошибок персонала необходимо учитывать отказы взаимодействия персонала (коммуникативные отказы).

Адаптация персонала на рабочем месте в рамках адаптивной интегрированной системы менеджмента качества является важным фактором успешного функционирования предприятия на опасном производственном объекте. Применение различных методов и инструментов адаптации позволяет работникам быстро адаптироваться к новым условиям труда, повысить свою квалификацию и мотивацию, а также достичь целей организации в области качества и безопасности.

Список литературы

1. Aven, T. (2015). Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. European Journal of Operational Research, 253(1), 1-13.

2. Hollnagel, E. (2014). Safety-I and Safety-II: The past and future of safety management. CRC Press.

3. Parasuraman, R., & Riley, V. (1997). Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse. Human Factors, 39(2), 230-253.

4. Sheridan, T. B. (2011). Adaptive automation, level of automation, allocation authority, supervisory control, and adaptive control: Distinctions and modes of adaptation. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans, 41(4), 662-667.

5. Ashby, W. R. (1956). An introduction to cybernetics. Chapman & Hall.
6. Wiener, N. (1948). Cybernetics: Or control and communication in the animal and the machine. MIT Press.
7. Salas, E., Tannenbaum, S. I., Kraiger, K., & Smith-Jentsch, K. A. (2012). The science of training and development in organizations: What matters in practice. Psychological Science in the Public Interest, 13(2), 74-101.
8. Noe, R. A. (2017). Employee training and development. McGraw-Hill Education.
9. Bakker, A. B., & Demerouti, E. (2007). The job demands-resources model: State of the art. Journal of Managerial Psychology, 22(3), 309-328.
10. Damanpour, F., & Schneider, M. (2006). Phases of the adoption of innovation in organizations: Effects of environment, organization and top managers. British Journal of Management, 17(3), 215-236.
11. Nonaka, I. (1994). A dynamic theory of organizational knowledge creation. Organization Science, 5(1), 14-37.
12 Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The «what» and «why» of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. Psychological Inquiry, 11(4), 227-268.

Тутынин А.В.
начальник отдела менеджмента качества,
ООО «ОК «Сибшахтострой»,
Россия, Новокузнецк
alex_vtut@mail.ru

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Аннотация. Основной задачей системы менеджмента качества на производственном предприятии является обеспечение своевременного выпуска продукции требуемого качества при минимальных затратах. В данной статье рассмотрены практические подходы по разработке системы менеджмента качества, основанной на модели стандарта ISO 9001, на металлообрабатывающих предприятиях. Приведены основные этапы разработки, типовая модель процессов системы менеджмента качества металлообрабатывающего предприятия, рассмотрено содержание основных бизнес-процессов. Практические подходы, изложенные в данной статье, могут быть полезны работникам отделов стандартизации, менеджмента качества при разработке системы менеджмента качества предприятий металлообрабатывающей отрасли, а также машиностроения и автомобилестроения, студентам высших учебных заведений, обучающихся по направлениям «Стандартизация и сертификация» и «Управление качеством».
Ключевые слова: система менеджмента качества, металлообработка, ИСО 9001.

Tutynin A.V.
Head of the Quality Management Department
LLC «CC «Sibshakhtostroy»
Russia, Novokuznetsk
alex_vtut@mail.ru

PRACTICAL APPROACHES TO THE BUILDING OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM AT METALWORKING ENTERPRISES

Abstact. The main task of the quality management system at a manufacturing enterprise is to ensure the timely release of products of the required quality at minimal cost. This article discusses practical approaches to the development of a quality management system based on the ISO 9001

standard model in metalworking enterprises. The main stages of development, a typical model of the processes of the quality management system of a metalworking enterprise, and the content of the main business processes are presented. The practical approaches outlined in this article may be useful to employees of standardization and quality management departments in the development of a quality management system for enterprises in the metalworking industry, as well as mechanical engineering and automotive industry, and Students of higher educational institutions studying in the areas of «Standardization and Certification» and «Quality Management».

Keywords: quality management system, metalworking, ISO 9001.

В связи с расширением экономических санкций, в России в 2022-2024 г. стала активно развиваться тенденция на импортозамещение, что повлекло за собой повышение объемов производства действующих отечественных предприятий, освоение новых видов продукции. В первую очередь данная тенденция затронула машиностроительную и металлообрабатывающую отрасли [1].

Для обеспечения стабильного выпуска качественной продукции, привлечения новых заказчиков, своевременной модернизации технологического оборудования необходима результативная и гибкая система менеджмента качества (СМК) предприятия. На сегодняшний день международное признание имеет модель системы управления на основе стандарта ISO 9001:2015, поэтому именно на данный стандарт следует ориентироваться предприятиям, стремящимся занять лидирующие позиции на рынке [2].

К настоящему моменту имеется очень большое количество научных трудов, посвященных вопросам разработки СМК. Наиболее существенный вклад в методологию построения системы менеджмента качества внесли ученые Адлер Ю.П., Гличев А.В., Лапидус В.А., Версан В.Г., Аронов И.З., Белобрагин В.Я. и другие ученые. Однако имеется очень мало трудов, касающихся практики построения СМК на предприятиях в конкретных отраслях промышленности.

В связи с этим, важной задачей является создание практических рекомендаций по специфике разработки СМК на промышленных предприятиях. В данной статье как раз и будет сделан акцент на практическую сторону данного вопроса.

Процесс разработки и внедрения СМК включает в себя этапы, представленные в табл.

Таблица

Этапы построения СМК на предприятиях

Наименование этапа	**Содержание этапа**	**Результат**
1. Организация работ	Создание рабочей группы по разработке СМК. Подготовка плана работ по разработке и внедрению СМК с указанием исполнителей и сроков	Приказ о создании рабочей группы. Утвержденный план работ по разработке и внедрению СМК.
2. Формирование модели СМК	Анализ действующей системы управления. Определение контекста организации. Анализ требований заинтересованных сторон и законодательства. Идентификация и анализ рисков и возможностей, связанных с контекстом организации. Разработка Политики и целей предприятия, программы достижения целей. Формирование процессной модели СМК. Подготовка графика разработки документов СМК/ детализация плана работ.	Описание контекста предприятия. Анализ сильных и слабых сторон, угроз и возможностей. Требования заинтересованных сторон. Политика и цели предприятия. Программа достижения целей. Модель процессов СМК. График разработки документов СМК/ актуализированный план.

Окончание таблицы

Наименование этапа	Содержание этапа	Результат
3. Документирование СМК	Разработка карт процессов. Разработка показателей результативности процессов СМК. Разработка стандартов, регламентов, положений и др. Идентификация и оценка рисков процессов. Разработка мероприятий по управлению рисками	Карты процессов. Показатели результативности. Документы СМК (стандарты, регламенты, положения и др.). Реестр рисков, мероприятия по управлению рисками.
4. Внедрение СМК	Ознакомление работников с документами СМК. Организация и проведение внутренних аудитов. Выполнение мероприятий по управлению рисками. Мониторинг показателей качества продукции и результативности процессов. Сбор информации о реализации рисков.	Программа внутренних аудитов, планы аудитов, чек-листы, отчеты по аудиту, протоколы несоответствий. Отчеты по качеству продукции и результативности процессов Отчет о реализации рисков и выполнении мероприятий управления рисками.
5. Совершенствование СМК	Разработка и реализация корректирующих действий. Внесение корректировок в документы СМК. Анализ результативности мероприятий по управлению рисками. Проведение анализа СМК	Планы корректирующих действий. Актуальные документы СМК. Отчет об анализе СМК. Отчет о результативности мероприятий управления рисками

Основным шагом процесса разработки СМК является построение процессной модели, на основании которой происходит дальнейшее описание процессов и разработка документированных процедур СМК. Типовая модель процессов СМК предприятия металлообработки приведена на рис.

Для предприятий металлообработки ключевыми являются процессы «Проектирование и разработка», включая технологическую подготовку производства; «Производство продукции» и «Реализация продукции».

Рассмотрим более подробно процесс «Проектирование и разработка» (далее – ПП), поскольку именно он имеет наибольшее количество особенностей для отрасли металлообработки. Реализация данного процесса на предприятиях металлообработки включает в себя:

- подготовку приказа о создании рабочей группы по ПП продукции и назначение ответственного за координацию работы по ПП;
- разработку плана-графика мероприятий по ПП (дорожной карты), предусматривающего взаимодействие структурных подразделений предприятия, участвующих в подготовке производства, изготовлении, испытаниях и приемке продукции;
- разработку или получение от заказчика конструкторской документации, ее передачу в отдел главного технолога;
- разработку технологической документации на изготовление продукции на основании комплекта конструкторской документации;
- определение потребности в необходимых оснастке и инструменте для изготовления продукции и их приобретение;
- определение потребности в метрологическом обеспечении, проведение поверки (калибровки) средств измерений, приобретение недостающих;
- аттестацию испытательного оборудования и методик выполнения измерений, используемых при производстве и испытаниях изделий;

- заключение договоров с поставщиками комплектующих изделий и материалов;
- разработку перечня входного контроля материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий;
- проведение входного контроля материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий;
- разработку программ и методик испытаний, планов качества продукции;
- аттестацию специальных и особо ответственных технологических процессов;
- обучение и аттестацию производственного персонала;
- приобретение необходимых документов по стандартизации (ГОСТ, ТУ), необходимых для производства продукции;
- изготовление и проведение сертификации и испытаний опытных образцов продукции.

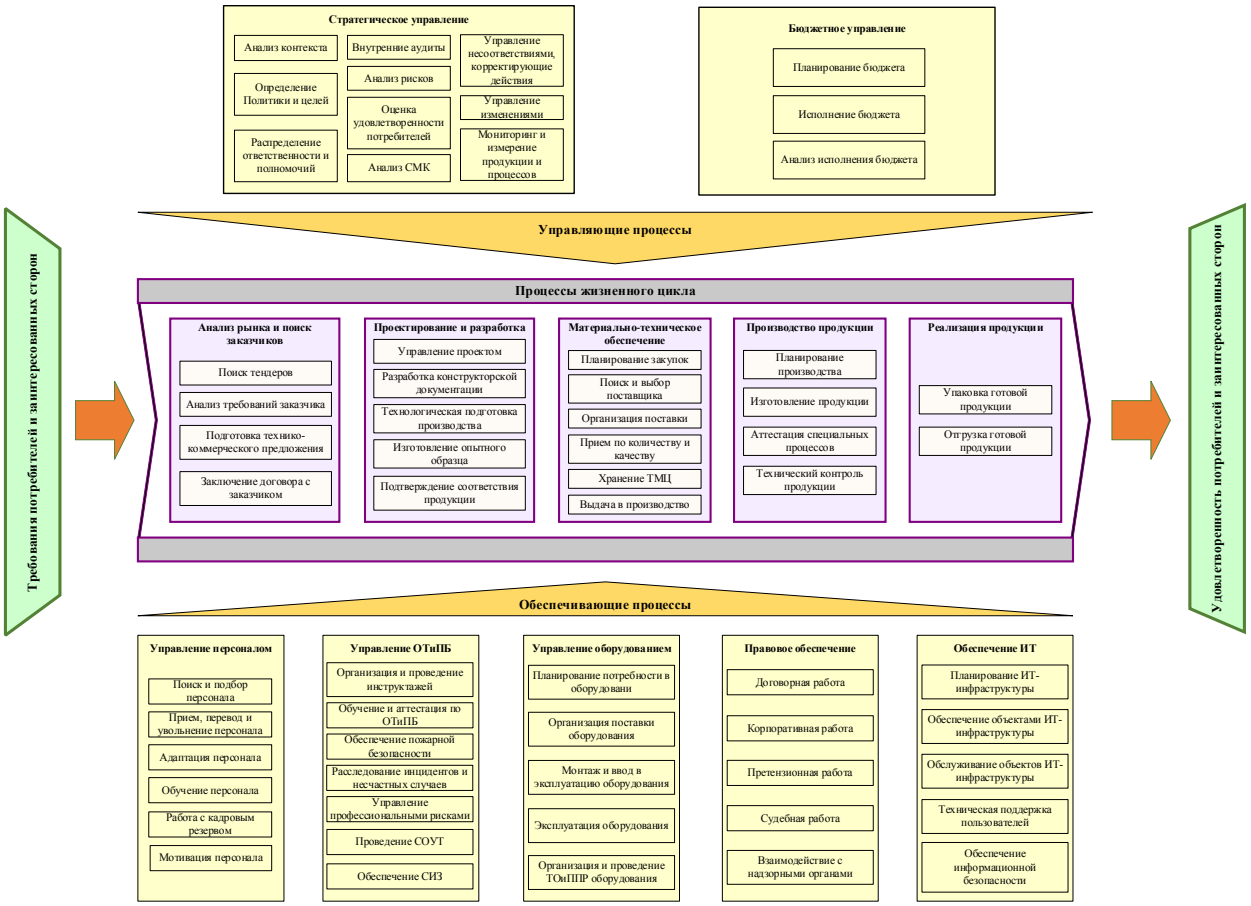


Рис. Типовая модель процессов СМК предприятия металлообработки

Приведенные в данной статье практические подходы к разработке СМК являются универсальными и применимыми к любым предприятиям металлообработки и машиностроения, и неоднократно использовались автором в профессиональной деятельности.

Список литературы

1. На полном максимуме: машиностроение в России добилось небывалого прогресса. Деловой Петербург. Текст: электронный // URL: https://www.dp.ru/a/2024/07/04/na-polnom-maksimume-mashinostroenie?ysclid= m9ur5uekup854458227 (дата обращения: 11.04.2025).

2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования = Quality management systems. Requirements: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 сентября 2015 г. № 1391-ст: введен впервые: дата введения 2015-11-01 / подготовлен Открытым акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации» (ОАО «ВНИИС»). – Москва: Стандартинформ, 2020. – VIII, 23 с.; 29 см. – Текст: непосредственный.

Хрусталев П.П.
студент,
РГАТУ имени П.А. Соловьева,
Россия, Рыбинск
20192911 @mail.ru
Иванова И.В.
к т.н., доцент кафедры «Организация производства и управление качеством»,
РГАТУ имени П.А. Соловьева,
Россия, Рыбинск

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА ПРИ СОЗДАНИИ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА НА ПРЕДПРИЯТИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Статья посвящена интегрированным системам менеджмента (ИСМ) позволяют объединить эти требования в единую систему, однако их внедрение требует системного подхода. Процессный подход обеспечивает структурированное управление деятельностью предприятия, снижает дублирование функций и повышает прозрачность процессов. Несмотря на его преимущества, многие компании испытывают сложности с внедрением из-за недостатка методических решений и сопротивления изменениям. Это делает исследование процессного подхода в ИСМ актуальным для повышения конкурентоспособности предприятий.

Ключевые слова: менеджмент, процессный подход, интегрированные системы, производство, цифровизация.

Khrustalev P.P.
Student
RGATU named after P.A. Solovyov
Russia, Rybinsk
20192911 @mail.ru
Ivanova I.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department
of Production Organization and Quality Management
RGATU named after P.A. Solovyov
Russia, Rybinsk

THE USE OF A PROCESS APPROACH IN THE CREATION OF AN INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM IN A HIGH-TECH MANUFACTURING ENTERPRISE

Abstact. IThe article is devoted to integrated management systems (IMS), which allow combining these requirements into a single system, but their implementation requires a systematic approach. The process approach provides structured management of the company's activities, reduces duplication of functions and increases transparency of processes. Despite its advantages, many companies have difficulty implementing it due to a lack of methodological solutions and resistance to change. This makes the study of the process approach in IMS relevant for improving the competitiveness of enterprises.

Keywords: management, process approach, integrated systems, production, digitalization.

Целью исследования является анализ применения процессного подхода при создании ИСМ на предприятии высокотехнологичного производства. Для этого изучаются теоретические основы процессного управления, определяются этапы его внедрения и выявляются ключевые проблемы интеграции различных стандартов. Также рассматриваются пути их решения с учетом современных цифровых инструментов и методов управления. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации процессов на производственных предприятиях.

Результаты исследования. Исследование подтвердило, что процессный подход способствует оптимизации бизнес-процессов, снижению затрат и повышению управляемости предприятия. Определены основные этапы его внедрения в ИСМ: анализ текущего состояния, моделирование процессов, интеграция стандартов и автоматизация управления. Выявлены проблемы, такие как сопротивление персонала, сложность стандартизации и необходимость значительных инвестиций. Предложены меры по их решению, включая стандартизацию процессов, обучение сотрудников и внедрение аналитических инструментов. Рекомендации могут быть использованы предприятиями для повышения эффективности управления и устойчивого развития.

Современные предприятия высокотехнологичного производства работают в условиях жесткой конкуренции, быстрого развития технологий и постоянно усложняющихся регуляторных требований. Для эффективного управления деятельностью организации и обеспечения устойчивого развития все чаще используется интегрированная система менеджмента (ИСМ), которая объединяет требования различных стандартов качества, охраны труда, экологии и других направлений. Однако успешное внедрение ИСМ требует выбора эффективного метода управления процессами, среди которых ключевую роль играет процессный подход [1].

Процессный подход рассматривает деятельность предприятия как совокупность взаимосвязанных процессов, которые обеспечивают преобразование входных ресурсов в конечный результат. В отличие от традиционного функционального подхода, который сосредоточен на отдельных подразделениях, процессный подход позволяет управлять бизнес-процессами в целом, обеспечивая их оптимизацию, контроль и постоянное совершенствование.

Применение процессного подхода при создании ИСМ позволяет минимизировать дублирование процессов, повысить прозрачность управления, сократить издержки и обеспечить соответствие требованиям стандартов. В данной статье рассматриваются основные этапы внедрения процессного подхода, его преимущества и проблемы, а также возможности его дальнейшего развития в условиях цифровизации и новых технологических вызовов.

Основные этапы внедрения процессного подхода в ИСМ.

Первым этапом является анализ текущего состояния предприятия. Для этого проводится идентификация всех существующих процессов, их взаимосвязей, а также определение их соответствия требованиям таких стандартов, как ГОСТ Р ИСО 9001-2015, ГОСТ Р ИСО 14001-2016 и ГОСТ Р 54934-2012. На данном этапе выявляются слабые места, дублирующие процессы и потенциальные риски, которые могут повлиять на эффективность работы системы [2].

Вторым этапом является разработка модели процессов. Здесь важно определить ключевые, поддерживающие и управляющие процессы, сформировать процессную карту предприятия и назначить ответственных за каждый процесс. Это позволяет создать прозрачную структуру взаимодействия между подразделениями и устранить хаотичность в управлении.

Третьим этапом становится интеграция требований стандартов в единую систему. Это включает разработку унифицированной документации, внедрение общих процедур контроля и мониторинга, а также автоматизацию процессов с использованием современных цифровых решений. Например, применение систем управления бизнес-процессами позволяет отслеживать эффективность работы, своевременно выявлять отклонения и оперативно принимать корректирующие меры.

Завершающим этапом является внедрение и контроль работы системы. Для этого разрабатываются ключевые показатели эффективности (*KPI*), проводится обучение персонала, устанавливаются механизмы постоянного мониторинга и совершенствования системы. Важно, чтобы процессное управление не становилось статичным, а регулярно адаптировалось к изменениям внешней среды, требованиям рынка и новым технологическим возможностям.

Проблемы и вызовы внедрения процессного подхода в ИСМ.

Несмотря на очевидные преимущества процессного подхода, его внедрение сопряжено с рядом трудностей. Одна из ключевых проблем – сопротивление изменениям со стороны персонала.

Внедрение процессного управления требует перестройки привычных рабочих процессов, что может вызвать недовольство сотрудников. Для минимизации этой проблемы важно

проводить разъяснительную работу, обучать персонал и вовлекать его в процесс трансформации.

Еще одной сложностью является необходимость интеграции требований различных стандартов без дублирования процедур. Часто разные системы менеджмента накладывают схожие требования, но их реализация в компании может быть разобщенной. Для решения этой задачи необходимо тщательно анализировать пересечения между стандартами и разрабатывать единые механизмы управления [3].

Техническим вызовом становится автоматизация процессов. Внедрение цифровых решений требует значительных инвестиций, а также изменения подходов к управлению данными и аналитике. Однако современные технологии, такие как искусственный интеллект и системы предиктивного анализа, позволяют существенно повысить эффективность процессного управления.

Направления совершенствования процессного подхода в ИСМ.

Для повышения эффективности процессного подхода в ИСМ предприятиям необходимо уделять больше внимания упрощению и стандартизации процессов. Чем более четко определены процедуры, зоны ответственности и показатели эффективности, тем легче управлять системой и достигать стабильных результатов.

Одним из ключевых направлений совершенствования является более глубокая автоматизация процессов. Использование цифровых платформ и аналитических инструментов позволяет не только отслеживать выполнение процедур, но и прогнозировать возможные отклонения, что снижает риски и повышает управляемость системы.

Кроме того, важным аспектом является усиление роли анализа данных в процессном управлении. Регулярный сбор информации о работе системы, выявление узких мест и оперативное принятие решений на основе объективных показателей позволяют значительно повысить эффективность деятельности предприятия.

Также необходимо повышать квалификацию персонала, ответственного за управление процессами. Обучение и обмен опытом между специалистами различных подразделений способствует лучшему пониманию взаимосвязи процессов и повышает качество работы системы в целом.

Применение процессного подхода при создании интегрированной системы менеджмента на предприятии высокотехнологичного производства позволяет повысить управляемость, минимизировать риски и улучшить качество продукции. Внедрение данного подхода требует детального анализа процессов, разработки унифицированной модели управления, автоматизации и постоянного совершенствования системы.

Для успешного функционирования ИСМ важно не только внедрить процессное управление, но и постоянно адаптировать его к изменениям внешней среды. Упрощение и стандартизация процессов, усиление аналитики и повышение квалификации персонала позволят предприятиям более эффективно управлять деятельностью и обеспечивать устойчивое развитие в долгосрочной перспективе.

Список литературы

1 Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес- процессов / Владимир Репин, Виталий Елиферов. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013 –544 с.

2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» национальный стандарт Российской Федерации: дата вве-дения: 01.11.2015 / Издательство официальное. – Москва: Стандартинформ, 2020– 32 с.

3. Собакарева А.В. Процессный подход и мероприятия по устранению проблем его внедрения на российских предприятиях. – Вестник МГТУ, том 11, №2, 2008.

Хандорина А.С.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва,
aleksa07_94@mail.ru
Алексашина О.В.
к.т.н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
olaslavna@yandex.ru

УПРАВЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯМИ ДОКУМЕНТАЦИИ КАК ЧАСТЬ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА ПРОЕКТА

Аннотация. В статье рассматривается управление изменениями документации как неотъемлемая часть системы менеджмента проекта. Процесс управления изменениями документами влияет на успешность реализации проектов, их качество и сроки. Введение эффективных методов управления изменениями позволяет избегать ошибок, связанных с несоответствием информации и, как следствие, затягиванием сроков выполнения задач. Актуальность темы обоснована необходимостью грамотного подхода к документальному сопровождению проектов в условиях современного мира, где изменения происходят постоянно. В статье проанализированы существующие методологии управления документами, предложены практические рекомендации по их внедрению. Результаты экспериментального исследования подтверждают, что внедрение систем версионности и контроля изменений значительно повышает производительность и качество работы команд. Исследование выделяет важность прозрачности и доступности документации для всех участников проекта.

Ключевые слова: управление изменениями, документация, проектный менеджмент, система менеджмента, эффективность, качество, версионность.

Khandorina A.S.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
aleksa07_94@mail.ru
Aleksashina O.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
olaslavna@yandex.ru

DOCUMENTATION CHANGE MANAGEMENT AS PART OF THE PROJECT MANAGEMENT SYSTEM

Abstact. The article considers documentation change management as an integral part of the project management system. The document change management process affects the success of projects, their quality and timing. The introduction of effective change management methods makes it possible to avoid mistakes related to information inconsistencies and, as a result, delays in task completion. The relevance of the topic is justified by the need for a competent approach to documenting projects in the modern world, where changes are constantly occurring. The article analyzes the existing document management methodologies and offers practical recommendations for their implementation. The results of the experimental study confirm that the introduction of versioning and change control systems significantly improves the productivity and quality of work of teams.

The study highlights the importance of transparency and accessibility of documentation for all project participants.

Keywords: change management, documentation, project management, management system, efficiency, quality, versioning.

Управление изменениями является неотъемлемой частью проектного управления и включает в себя процессы, связанные с модификацией документов, которые регламентируют ход работы над проектом. В современных условиях, когда скорость изменений в технологиях итребованиях рынка существенно возросла, эффективное управление изменениями документации становится ключевым элементом успешного выполнения проекта. Эта статья посвящена изучению роли управления изменениями документации в проектах, а также ее интеграции в общую систему менеджмента предприятий.

Актуальность темы управления изменениями документации подтверждается рядом исследований и публикаций. Научные работы выделяют высокую степень влияния документации на проектный процесс. Например, в исследовании Блэка и Гриффита (2020) подчеркивается, что системный подход к управлению документами способствует повышению качества исполнения проектов. Аналогичные выводы сделаны в трудах Смит и Кларка (2019), где описываются методы контроля за изменениями, позволяющие минимизировать риски. Важно отметить, что при отсутствии эффективного управления документами возрастает вероятность ошибок, что подтверждается многими исследованиями (Кэмпбелл, 2018; Ричардсон, 2021). Таким образом, данная тема является актуальной и требует дальнейшего исследования и внедрения на практическом уровне.

Основной задачей данной статьи является изучение методов и средств управления изменениями документации в проектном менеджменте, а также выявление их влияния на успешность проектов. Для достижения этой цели необходимо рассмотреть ключевые практики, проанализировать существующие методологии и предложить рекомендации по внедрению предложенных решений в практическую деятельность.

Суть управления изменениями документации

Управление изменениями документации подразумевает под собой систематический и контролируемый процесс, направленный на идентификацию, оценку и реализацию изменений в проектной документации. Это может включать в себя такие документы, как технические задания, план проектов, отчеты о выполнении, графики работ и другие материалы, необходимые для успешного завершения проекта. Изменения могут происходить по различным причинам: изменение требований со стороны заказчика, внедрение новых технологий, анализ рисков, выявление ошибок в предыдущих версиях документов и другие факторы. Поэтому важно иметь на руках четкие методы и процессы, которые помогут эффективно управлять этими изменениями.

Процесс управления изменениями

Процесс управления изменениями документации включает в себя несколько ключевых этапов. В первую очередь, необходимо выявить потребность в изменениях. Это может быть инициировано как внутренними факторами (например, команда проекта осознает необходимость корректировок), так и внешними (такими как пожелания заказчика или изменения в рыночной ситуации). После выявления необходимости изменения, следует этап оценки. На этом этапе важно тщательно анализировать, как предусмотренные изменения повлияют на текущий проект, особенно с точки зрения бюджета, сроков и качества. Это оценивание должно проводиться с учетом мнения всех ключевых участников проекта, чтобы избежать потенциальных конфликтов и недопонимания. Далее производится реализация изменения, которая включает пересмотр и корректировку документов, а также информирование всех участников процесса о внесенных изменениях. Важно обеспечить, чтобы все новые версии документов были доступны всем заинтересованным сторонам, чтобы сократить вероятность путаницы или нецелевого использования устаревшей информации. Также обязательным является этап мониторинга и контроля. После внесения изменений необходимо отслеживать их влияние на проект, анализировать возможные побочные эффекты и, при необходимости, вносить дополнительные коррективы.

Интеграция управления изменениями в систему менеджмента Управление изменениями документации должно рассматриваться в контексте более широкой системы менеджмента, которая включает в себя управление качеством, управление рисками и другие составляющие проектного менеджмента. Эффективное взаимодействие между этими компонентами позволит минимизировать негативные последствия изменений, а также позволит добиться максимальной эффективности от внесенных изменений. Современные системы менеджмента качества, такие как ISO 9001, подчеркивают важность документирования процессов и процедур, что напрямую связано с управлением изменениями. Поэтому компаниям следует разрабатывать и внедрять политики управления изменениями документации, которые будут интегрированы в существующие процессы. Это позволит создать единую информационную среду, в которой изменения могут быть внесены оперативно и с максимальной эффективностью. Практическая значимость исследования заключается в предложении конкретных рекомендаций по внедрению систем управления изменениями документации. В ходе исследования было проведено экспериментальное изучение внедрения систем контроля версий в трех проектных командах различной величины. Результаты показали, что внедрение системы версионности позволило сократить время на поиск необходимых документов на 30%, а количество ошибок из-за несоответствия информации уменьшилось на 25%. Команды, использующие такие системы, отмечали лучшую работу с документацией, что повысило общую производительность. Дополнительно по результатам опроса участников проекта выяснилось, что 85% респондентов отметили улучшение коммуникации в команде и высокий уровень удовлетворенности от работы с обновленной документацией.

Управление изменениями документации является важным аспектом системы менеджмента проекта, который существенно влияет на успешность реализации проектов. Эффективное управление документацией позволяет минимизировать риски, связанные с ошибками и несоответствиями, увеличивать производительность команд и обеспечивать высокий уровень качества работы. Рекомендуется внедрение структурированных систем управления изменениями, реализация которых уже продемонстрировала положительные результаты. Система версионности, четкие процедуры организации документации и постоянное обучение участников проектов будут способствовать успешному завершению проектов в условиях изменчивого бизнес-окружения.

Список литературы

1. ГОСТ Р 2.503-2023. Единая система конструкторской документации. Правила внесения изменений / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – М.: Стандартинформ, 2023. – 36 с.

2. Блэкен, Д. У. Управление проектами: теория и практика / Д. У. Блэкен. – Москва: Издательство «Дело», 2019. – 350 с.

2. Шевалье, Ф. Управление изменениями в организации: подходы и инструменты / Ф. Шевалье. – Санкт-Петербург: Питер, 2018. – 240 с.

3. Ковалев, В. С. Проектный менеджмент: от идеи до реализации / В. С. Ковалев. – Москва: Альпина Паблишер, 2017. – 320 с.

4. Харрис, Р. Managing Change in Organizations: A Practice Guide / Р. Харрис, М. Дигби. – London: Routledge, 2021. – 348 p.

5. Керзнер, Х. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling / Х. Керзнер. – New York: Wiley, 2020. – 1200 p.

6. Black, J., & Griffith, A. (2020). Managing Project Documentation: A Systematic Approach. Journal of Project Management, 34(2), 123-145.

7. Smith, R., & Clark, E. (2019). Best Practices in Document Control. International Journal of Project Management, 37(4), 678-692.

8. Campbell, S. (2018). The Role of Documentation in Project Success. Project Management Review, 29(3), 54-61.

9. Richardson, L. (2021). Challenges in Managing Project Documentation. Project Management Journal, 52(1), 78-89.

Панов А.Н.
к.т.н., главный эксперт,
ЮРС-РУСЬ,
Россия, Санкт-Петербург
a.panov@tut.by
Ромашова Е.Ю.
младший научный сотрудник,
ИМАШ РАН,
Россия, Москва
romashova@imash.ru
Кацура С.Ю.
аспирант,
ИМАШ РАН,
Россия, Москва

СИСТЕМНЫЙ КРИЗИС МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. МЕТОДОЛОГИЯ И МОДЕЛИ ГЛОБАЛЬНОГО ПРОРЫВА В ПЛАНЕТАРНОЙ ЭКОНОМИКЕ

Аннотация. В статье рассматриваются с одной стороны системный глобальный кризис менеджмента качества как в методологической области, в практике реализации, так и в системе подтверждения соответствия, с другой – предложенная методология и модели глобального прорыва в планетарной экономике – основанные на применении рискориентированного подхода в машиностроении и машиноведении. Для этого предложены: терминологический аппарат, конфигуратор, модель рискориентированного проектно-процессного подхода, цели системы, использование в конструкторско-технологической документации третьей характеристики – показатель значимости приоритета и др. Результаты использованы при разработке государственных стандартов для менеджмента качества, методик качества для машиностроения и их внедрения в цепях поставок.

Ключевые слова: качество, методология, риски, машиностроение.

Panov A.N.
Candidate of Technical Sciences, Chief Expert
URS-RUSS
Russia, Saint Petersburg
a.panov@tut.by
Romashova E.Yu.
Junior Researcher
IMASH RAS
Russia, Moscow
romashova@imash.ru
Katsura S.Yu.
Postgraduate Student
IMASH RAS
Russia, Moscow

SYSTEMIC CRISIS OF QUALITY MANAGEMENT. METHODOLOGY AND MODELS OF GLOBAL BREAKTHROUGH IN THE PLANETARY ECONOMY

Abstract. The article examines, on the one hand, the systemic global crisis of quality management both in the methodological field, in the practice of implementation, and in the system of confirmation of conformity, and, on the other hand, the proposed methodology and models of a global breakthrough in the planetary economy – based on the use of a risk-oriented approach in mechanical engineering and mechanical engineering. For this purpose, the following are proposed: a terminological apparatus, a configurator, a model of a risk-oriented project-process approach, sys-

tem goals, the use of the third characteristic in design and technological documentation – an indicator of the importance of priority, etc. The results are used in the development of state standards for quality management and quality methods for mechanical engineering and their implementation in supply chains.

Keywords: quality, methodology, risks, mechanical engineering.

Комплексный анализ стандартизированных моделей и практики применения, а также перспективных разработок [1-8] систем менеджмента (качества, экологии и т.д.), в том числе в машиностроении (авиационная, автомобильная, железнодорожная, атомная, нефтегазовая и др. отрасли) и машиноведении свидетельствует:

- об использовании устаревших моделей (Деминга и т.д.), положенных в основу действующих стандартов ISO серии 9000, в том числе «процессный подход» и «ориентация на потребителя» в первую очередь;
- о малой вероятности того, что текущая (2024-2026 гг.) разработка проекта – новой версии стандарта ISO 9001 – содержит системные методологические решения для повышения результативности и эффективности систем менеджмента качества для заинтересованных сторон;
- о том, что в практике применения в организациях систем менеджмента качества наступил кризис формализма и отторжения применения заинтересованными с позиции результативности, эффективности, как применения, так и подтверждения (сертификации);
- что источником проблем является – не убедительные/не очень значимые цели («для демонстрации соответствия системы» и т.п.) стандартов на системы менеджмента;
- о наличии устаревших терминов и определений продекларированного рискориентированного подхода (см. ISO 9001 – модель «процесса», цикл PDCA);
- об отсутствии необходимой методологической поддержки рискориентированного подхода для реализации гармоничных моделей процессов и проектов;
- назрела необходимость перехода на новый уровень системности менеджмента качества, знаний и инноваций для достижения целей на основе пригодности системности (показатели – результативности, эффективности и защищенности);
- о необходимости создания рискориентированной модели социотехнических систем от технического до планетарного уровня.

Синтезированные методология, теоретические модели внедрены на практике [1-9] для систем менеджмента качества машиностроения на основе научного обоснования – машиноведения – рискориентированного подхода предложены:

- на основе рискориентированного подхода актуальные определения терминов, таких как качество, надежность, стандарт и т.д.;
- фундаментальные основы – для существования и функционирования организации – безопасность (рис. 1) и социально-экономическое развитие (рис. 2). [1];
- конфигуратор систем менеджмента – «Качество Жизни людей»;
- измененные принципы системы менеджмента качества – потребитель не на первом месте;
- методологические основы управления человеческим фактором – политэкономия и управление иррациональным, а не традиционным подходом – только эффективная экономика организации;
- адекватная цель стандарта на систему менеджмента, например, «Целью настоящего стандарта является разработка на основе рискориентированного проектно-процессного подхода единой системы менеджмента организации, ориентированной на качество жизни людей, включающей стандартизированные системы менеджмента, в том числе качества, проектов, рисков, которая обеспечивает требуемую результативность, эффективность и защищенность процессов и проектов организации в цепи поставок на основе мотивации/удовлетворенности людей и менеджмента знаний, а также предупреждения и парирования рисков событий, бифуркаций и вариаций»;



Рис. 1. Трехкомпонентная модель обеспечения безопасности организации на основе рискори*ентированной проектно-процессной культуры менеджмента*



Рис. 2. Четырехкомпонентная модель стратегических приоритетов устойчивого социально-экономического развития организации на основе рискориентированной проектно-процессной культуры менеджмента

- рискориентированная проектно-процессная модель (рис. 3);

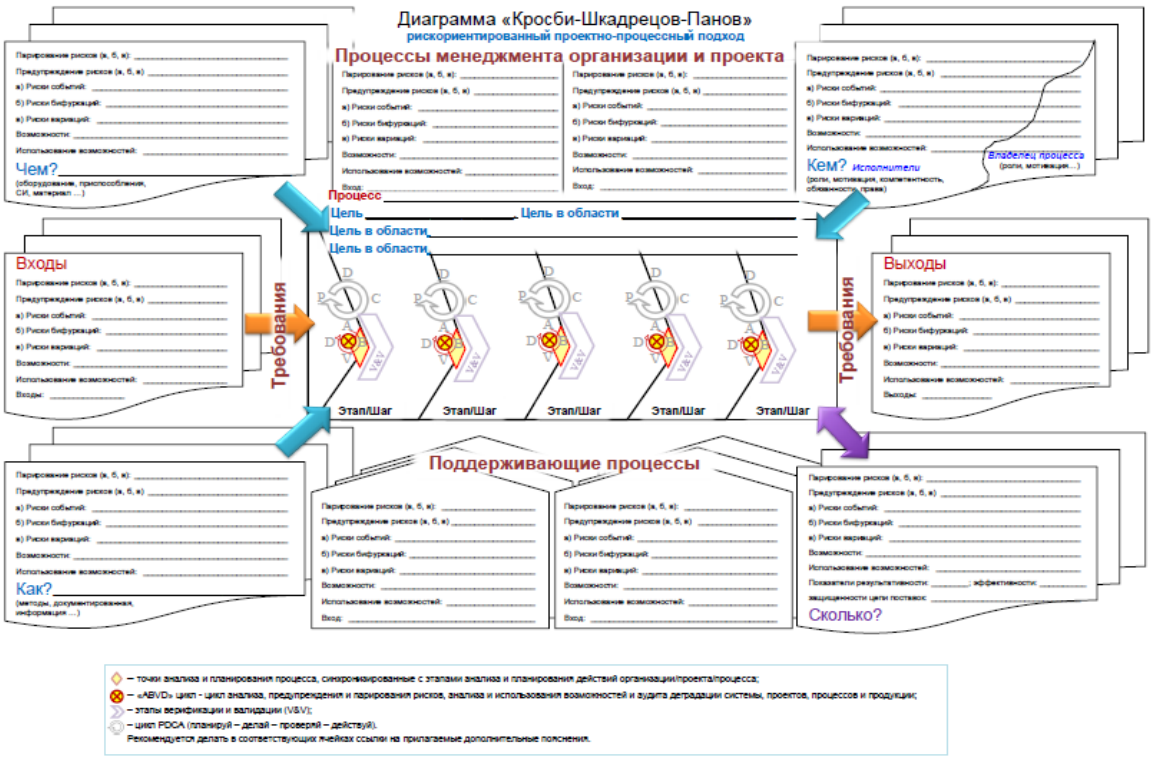


Рис. 3. Рискориентированный проектно-процессный подход. Диаграмма «Кросби-Шкадрецов-Панов»

- модель систем менеджмента знаний и инноваций в рамках проектно-процессного подхода в машиноведении и машиностроении (рис. 4) как основа конкурентоспособности организации;

- ввести в конструкторско-технологическую документацию третью характеристику – «значимость приоритетов»;

- модель нормирования менеджмента рисков социотехнических систем от технического до планетарного уровня (рис. 5) [1-8].

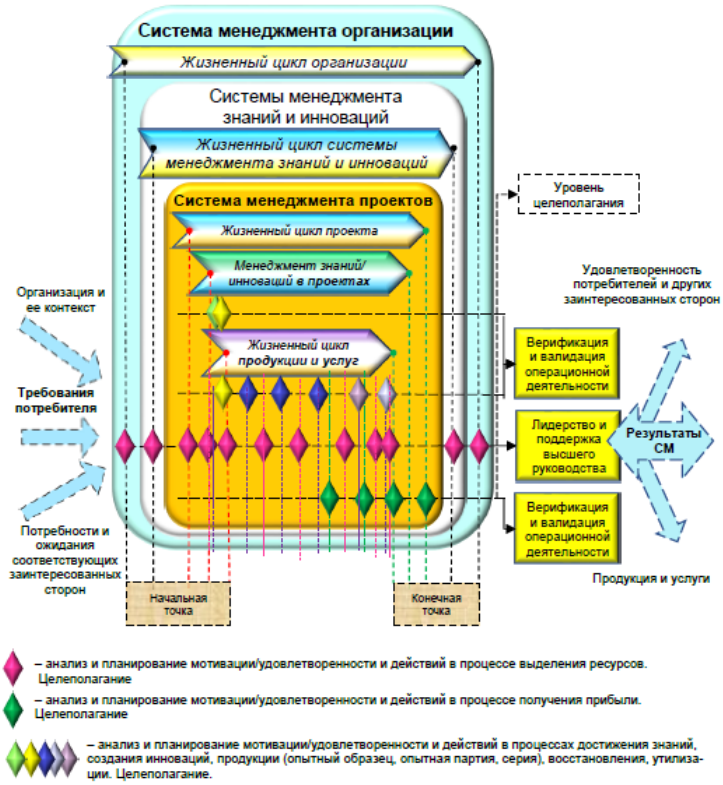


Рис. 4. Модель систем менеджмента знаний и инноваций в рамках проектно-процессного подхода в машиноведении и машиностроении

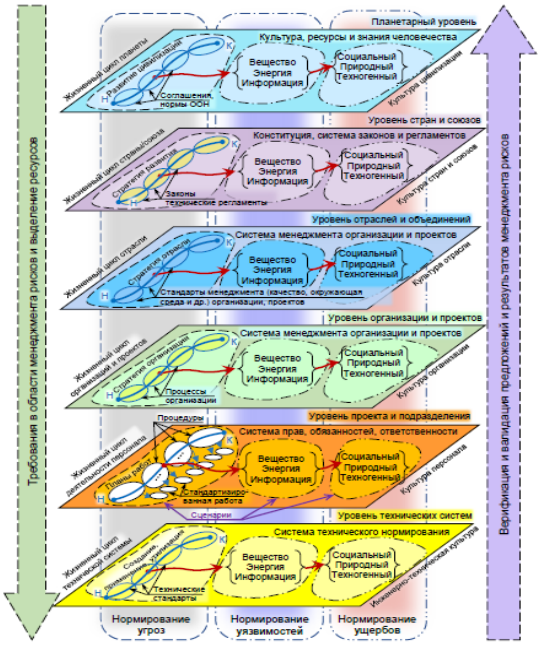


Рис. 5. Модель нормирования менеджмента рисков социотехнических систем от технического до планетарного уровня

В заключении следует отметить следующее:

1. Действующая методология и практика систем менеджмента качества в настоящее время в кризисе, требуются новые прорывные решения.

2. Предложены методология, модели менеджмента качества для машиностроения, основанные на применении рискориентированного подхода в машиностроении.

3. Научно-обоснованные методология и модели использованы для разработки государственных стандартов для системы менеджмента качества (СТБ 16949-2023) и соответствующие методики качества. Стандарты внедрены в цепях поставок машиностроения [8].

Список литературы

1. Махутов Н.А. Научны основы анализа стратегических приоритетов и рисков развития России: информационно-аналитическая справка по проблемам стратегического прогнозирования, планирования и программирования в целях устойчивого социально-экономического развития и обеспечения национальной безопасности. – М.: МГОФ «Знание», 2018 г. – 96 с., ил.

2. Махутов Н.А. и др. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Техногенная, технологическая и техносферная безопасность/ Под общ. ред. Н.А. Махутова. Москва: Знание, 2018. 1016 с.

3. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Научные основы техногенной безопасности/ Под общ. ред. Н. А. Махутова. Москва: Знание, 2015. 936 с.: ил.

4. Панов А.Н. и др. Научно-методические основы проектирования. Системное обеспечение приемлемых рисков в автотракторосельхозмашиностроении: монография / Под общ. ред. А.Н. Панова. Минск: БГАТУ, 2009. 482 с.

5. Горбацевич М.И., Панов А.Н., Минюкович С.М. Проектирование транспортных средств: нагруженность, повреждение, ресурс: Монография / Под общ. ред. А.Н. Панова. Минск: Технопринт, 2005. 264 с.: ил.

6. Логвин В.А. и др. Технологическое обеспечение машиностроительного производства: Учебное пособие / Под ред. Ж. А. Мрочека. Минск: РИВШ, 2021. 560 с.: ил.

7. Арбузов В.И. и др. Основы системы менеджмента качества машиностроительного предприятия. Минск: Технопринт, 2000. 280 с.

8. Панов, А.Н. Фракталы и аттракторы нормирования и стандартизации техники и процессов деятельности организаций. Эффективное планетарное развитие машиностроения в парадигме рисков / А.Н. Панов, Ж.А. Мрочек, В.М. Пашкевич// Вестн. Белорус. Рос. ун-та. – 2022.- №4. С. 35-47.

9. Панов А.Н., Ерофеев М.Н., Ромашова Е.Ю. Рискориентированный проектно-процессный подход – системная основа конкурентоспособности машиностроения. В сборнике: Человеческий капитал в новой реальности. материалы пленарной международной научно-практической конференции в рамках VI международного Московского академического экономического форума «Российская экономика 2024+: новые решения в новой реальности». Москва, 2024. С. 89-97.

Архипова А.А.
студент,
университет «Дубна»,
Россия, Дубна
velichkina_aleks@mail.ru
Мустафин Д.А.
преподаватель Московского промышленно-экономического колледжа,
РЭУ им. Г.В. Плеханова,
Россия, Москва
mustafinda@mail.ru

КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИДЕЙ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ ЛИДЕРОМ

Аннотация. В статье рассматриваются управленческие решения, которые принимают в процессе своей непосредственной деятельности руководители, находящиеся в прямой зависимости от индивидуальных особенностей их характера. Качество именно управленческого решения зачастую видно сразу – по тому эффекту, который оно оказало на организацию в целом или отдельный объект управления. Важным является увеличение эффективности деятельности лидеров, в целях создания благоприятной обстановки в коллективе или группе организации.

Ключевые слова: принятие решений, управленческие решения, коллектив, человеческий потенциал, стратегия, лидерство, качества лидера.

Arkhipova A.A.
Student
Dubna University
Russia, Dubna
velichkina_aleks@mail.ru
Mustafin D.A.
Lecturer at the Moscow Industrial and Economic College
Plekhanov Russian University of Economics
Russia, Moscow
mustafinda@mail.ru

QUALITATIVE AND QUANTITATIVE INDICATORS OF IDEAS IN DECISION-MAKING BY A LEADER

Abstact. The article examines the managerial decisions that managers make in the course of their direct activities, which are directly dependent on the individual characteristics of their character. The quality of a management decision is often immediately apparent by the effect it has had on the organization as a whole or a separate management entity. It is important to increase the effectiveness of leaders in order to create a favorable environment in the organization's team or group.

Keywords: decision making, management decisions, team, human potential, strategy, leadership, qualities of a leader.

Своевременное принятие правильного решения видится нам основной задачей для любого управляющего. Управленческие решения, приводящие к качественному и количественному результату обусловлены анализом, прогнозированием, оптимизацией, а также экономическим обоснования и выбором одной или нескольких альтернатив из ряда вариантов. Коллектив практически любой организаций связан с управлением. Сотрудники выступают в роли объектов управления и их потенциал переносится на работу организации. Рассмотрение потенциала человеческих ресурсов составляет основу управляющих воздействий. Управленческие функции получают развитие за счет показателей трудовой, психологической, интел-

лектуальной, научных категорий, принадлежащих персоналу [1, 2]. Качество этих категорий обусловлено планомерностью и непрерывностью [3]. Количественные показатели управленческих решений определяются стратегией и прогнозированием.

Состав и структура модели управленческих решений

Основу модели управленческих решений составляет цель и задачи – количественные и качественные показатели работы в долгосрочной перспективе [4]. На работу модели влияют ограничения, связанные с отсутствием необходимых ресурсов. К таким ресурсам относятся планирование фаз роста, постоянства и снижения в управленческой работе. Инструментальная поддержка принятий управленческих решений – в настоящее время дает высокие преимущества. Современные информационные системы позволяют предопределять как формальные подходы, связанные с краткосрочным планированием коллективной работы, так и принятием ответственных решений.

Модель управленческих решений определяется набором следующих лидерских качеств: управленческий статус, возможности влияния, реалистичность, организованность, встраиваемость (взаимозаменяемость), энергичность, последовательность [5]. Обеспечить управленческую работу этими качественными показателями невозможно в непрерывном режиме. Практика управленческих решений учитывает отсутствие некоторых качеств путем сбалансированной организации работы в коллективе. Корректировать работу можно влияя на компетенции участников команды и доверительным подходом [7].

Работа такой модели обусловлена сложными процессами в коллективе и длительным периодом, называемым эволюцией лидерства. На формирование модели влияют технологические и личностные перемены коллектива. С позиции времени выделяют три фазы лидерства: становление, наследие, наставничество.

Время выхода работы модели на устойчивый режим связано с чередованием авторитарных и демократичных подходов. В условиях высокой скорости развития информационных технологий процессы создания качества отличаются скоротечностью, экономическое время сжимается, что требует от лидера развития новых компетенций. Во-первых, лидер должен быть инициатором создания инициатив, которые могли быть источником доходов организации. Во-вторых, лидер должен находиться в постоянном поиске качества продукции или услуги, при этом без повышения затрат организации. В-третьих, лидер должен иметь необходимые такие компетенции, которые способствовали мотивировать персонал на генерацию новых идей по улучшению качества организации. Развитие перечисленных лидерских качеств становится сегодня необходимым условием совершенствования системы управленческого качества [6]. Следует подчеркнуть, что развитие лидерства в организации на основе повышения уровня качества компетентности может способствовать достижению организаций высокого уровня доходности и эффективности [2].

Исследования процессов работы описанной модели сфокусировались на взаимодействии между людьми, вещами и контекстом, приводящим к изменениям в организации [10]. Подвергается сомнению традиционная модель управления – сверху вниз (вертикальная) – а берется за основу то, что настоящее лидерство возникает в связи показателей, а не только среди формальных качеств руководителей. В проведенном исследовании осуществлялся поиск ответов на различные организационные вопросы: «Почему одна и та же презентация хорошо работает в одном месте, но не срабатывает в другом?» или «Из-за чего команда внезапно теряет синергию, хотя днем ранее она действовала как единое целое?» Особый акцент делается на моментах, которые приводят к изменениям. Такой подход позволяет прейти к выводам, что новый формат управления имеет несколько ключевых векторов: отказ от одного лидера в пользу распределенного и ситуативного лидерства и фокус на социальном взаимодействии.

Количественные и качественные показатели в эволюции модели лидерства

Работа модели управленческих решений не сводится к оценке количественных показателей в объективных единицах измерения (рублях, часах, процентах и так далее). Результаты работы, допускающие количественное измерение, используют количественные показатели. Показатели могут быть выражены в виде действительных чисел, несущих физический или

экономический смысл. К ним могут относиться такие финансовые показатели (чистой прибыли, постоянных и переменных издержек, рентабельности, выручки, оборачиваемости, ликвидности и прочие), а также некоторые рыночные показатели (доли рынка, объемов продаж, размеров клиентской базы и прочих) и показателей, связанных с бизнес-процессами и деятельностью по обучению и непрерывной работе предприятия (например, производственным циклом, временем выполнения задач, текучестью персонала, производительностью труда, количеством сотрудников прошедших переобучение, и прочее).

Характеристика и результаты работы описано управленческой модели строгому количественному измерению не поддаются. Проводится оценка качественных показателей. Их измерения проводят с помощью экспертных оценок, с применением субъективных методов, например наблюдением за работой отдельных элементов или объектов. Исследованию подлежат относительная конкурентная позиция компании, показатель удовлетворенности клиентов, показатель удовлетворенности персонала, командная составляющая в работе, индексы трудовой и исполнительской дисциплины, качество и своевременность подготовки документов, обеспечении стандартов и регламентов, степень выполнения поручений руководителя и прочие. Качественные показатели, выступают опережающими оказывая влияние на полученные результаты работы организации и позволяют спрогнозировать возможные отклонения количественных показателей. Например, сниженный индекс удовлетворенности персонала может привести к снижению производительности труда и повышению индекса текучести персонала. Понижение показателя удовлетворенности клиентов оказывает неизбежное влияние на объем продаж и финансовые показатели работы предприятия, и прочее. количественных показателей. Таким образом воздействие качественных показателей (причина) на модель управленческих решений – приводит к улучшению количественных показателей как следствие. Для получения желаемого следствия, необходимо контролировать и измерять показатели воздействия. В этом состоит смысл учета качественных показателей в модели. Степень изменения обуславливает и получаемы результат. Влияние на качественные показатели находится не всегда в линейной зависимости с требуемым количественным результатом.

Таким образом выделяется роль инновационности подхода в развития качества принимаемых решений на предлагаемые идеи лидера. Выделены факторы для оценки лидерства, которые при реальном измерении дают возможность понять, где у конкретного лидера сильные стороны, а где – слабые, которые требуется скорректировать.

Способы формирования управленческих решений

Для описанной модели, под управленческим решением принято понимать – рациональный выбор, который делает лидер в процессе выполнения им функций управления и принятия конкретных решений организационных задач [8]. Управленческие решения вносят изменения в работу организации. Руководитель выбирает показатели, которые требуется достичь в будущем. Управляющими принципами связи целей и результатов являются: – организационного соответствия, – сформулированной стратегии и цели, – достаточности количества данных, гибкость возможностей. Решения лидера могут принимать следующие формы: – стандартное решение, при принятии которых существуют фиксированный набор альтернатив; – бинарное решение – да или нет, неоднозначное двойные решения; – многовариантное решение, имеется очень широкий спектр альтернатив; – инновационное решение, когда требуется предпринять действия, но нет приемлемых альтернатив.

Оценка эффективности управленческих решений

Количественная оценка эффективности управленческих решений определяется обобщающими показателями национального дохода, вновь созданной стоимости, которая за конкретный период времени на уровне отрасли показывает производительность труда, а на уровне предприятия, прибыль. Главным показателем эффективности управленческих решений – является соотношение стоимости прибавочного продукта, полученную в результате реализации конкретного управленческого решения, и затрат на его разработку и реализацию [9].

Научная основа повышения качества управленческих решений лидера связана с полнотой информации, выраженной в управленческом решении. Информация предназначена для

того, чтобы преобразовывать управляемый объект в искомом направлении, содержании и объеме. Одним из множества конкретных показателей качества выступает, например, информация на единицу площади письменно выраженного решения – на одну машинописную страницу текста, а также чистота записи информации. К основным свойствам показателей качества управленческих решений относят: – сбалансированность обязанностей и прав; – соответствие уровням принятия решений; – иерархия ответственности; – непротиворечивость; – достоверность; – конкретность; – полномочность; – своевременность; – гибкость.

Проблемы лидерства являются основными для достижения организационной эффективности. Лидерство представляет собой специфическую модель управленческого взаимодействия, основанную на наиболее эффективном сочетании различных количественных и качественных показателях направленных на побуждение людей к достижению общих целей. Критериями, позволяющими сделать вывод о влиянии личности руководителя на эффективность принимаемых решений, оказались ориентация на успех и готовность принимать решения, внутренние нормативы, устойчивость к стрессу и толерантность к неопределенности, шкала интересов. Ограничениями модели принятия управленческих решений являются нежелательные факторы и качества лидера. Пути повышения качества работы лидера связанны с последовательной деятельностью и осуществлением изменений в соответствии с количественными и качественными экономическими и организационными показателями.

Список литературы

1. Адаир Д. Психология лидерства / Джон Адаир; пер. с англ. М. Котельниковой. -Москва: Эксмо, 2008. – 342 с.

2. Бовин А.А., Никитина О.А. Теории лидерства. -Новосибирск: Изд-во ИДМИ, 2009. – 67 с.

3. Жданкин Н.А., Михина В.А. Лидерство руководителя как основа успеха компании. // Генеральный директор. Управление промышленным предприятием. – 2021. – № 9.

4. Кови Стивен Стратегии успеха для высокоэффективных людей: Пер. с англ. – М.: АТС, 2024. – 272 с.

5. Попов В.Д. Законы управления: познание и искусство. (Курс лекции). – М.: «Петро», 2015. – 273 с.

6. Сулемов В.А. Государственная Кадровая политика в современной России: теория, история, новые реалии. -М.: Изд-во РАГС, 2006. – 342 с.

7. Терещенко В.И. Курс для высшего управленческого персонала.: Пер. с англ. – М.: «Экономика», 1970. – 807с.

8. Филонович С.Р. Лидерство и практические навыки менеджера. – М.: «ИНФРА-М», 2009.- 328 с.

9. Шепель В.М. Человеческая компетентность менеджера: Управленческая антропология / В.М. Шепель. – М.: Экономика, 2010. – 432 с.

10. Gibb C. Leadership / G. Lindzey & E. Aronson (eds.) The Handbook of Social Psychology. 2-nd ed. Reading (Mass.). Massachusetts: Addison-Wesley, 1969. № 4. P. 123–156.

Антонова И.И.
д.э.н., профессор, заведующий кафедрой «Цифровая экономика и управление качеством», проректор по инновационно-проектной деятельности, Казанский инновационный университет, Россия, Казань
antonova@ieml.ru
Смирнов В.А.
д.т.н., профессор кафедры «Цифровая экономика и управление качеством», Казанский инновационный университет, Россия, Казань
smivit1507@yandex.ru
Хадиева А.Т.
к.э.н., доцент кафедры «Цифровая экономика и управление качеством», Казанский инновационный университет, Россия, Казань
a_hadieva@ieml.ru

ОСНОВЫ КВАЛИМЕТРИИ «КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ» И «КАЧЕСТВА МЕНЕДЖМЕНТА»

Аннотация. Применение квалиметрических методов в оценке качества управления позволяет выявить сильные и слабые стороны в деятельности организации, определить области, требующие улучшения, и разработать стратегии для повышения общей эффективности. Оценка качества менеджмента, в свою очередь, фокусируется на анализе управленческих процессов, компетенций руководителей и их влиянии на результаты деятельности организации.

Ключевые слова: квалиметрия, система менеджмента, «качество управления», «качество менеджмента».

Antonova I.I.
Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Digital Economy and Quality Management, Vice-Rector for Innovation and Project Activities Kazan Innovation University Russia, Kazan
antonova@ieml.ru
Smirnov V.A.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Digital Economy and Quality Management, Kazan Innovation University Russia, Kazan
smivit1507@yandex.ru
Khadyeva A.T.
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Digital Economy and Quality Management Kazan Innovation University Russia, Kazan
a_hadieva@ieml.ru

BASICS OF QUALITY OF MANAGEMENT AND QUALITY OF MANAGEMENT QUALITY

Abstract. The use of qualimetric methods in the assessment of the quality of management allows us to identify strengths and weaknesses in the organization's activities, determine areas requiring improvement, and develop strategies to improve overall efficiency. The assessment of the quality of management, in turn, focuses on the analysis of management processes, the competencies of managers and their impact on the results of the organization's activities.

Keywords: qualimetry, management system, «quality of management», «quality of management».

В достижении конкурентоспособности и устойчивого развития любой организации ключевую роль играет качество во всем его многообразном проявлении (от качества продукции и услуг до качества жизни). Определяется оно не только качеством результатов деятельности, но и качеством процессов их достижения («управленческих процессов»). И речь, в этом случае, должна вестись не с позиций «управления качеством» и «менеджмента качества», а с позиций «качества управления» и «качества менеджмента».

Наиболее актуальна такая постановка вопроса является для российских предприятий, работающих в условиях санкционного давления западных компаний. Но, чтобы что-то улучшить, повысить или даже просто изменить, необходимо измерить, т.е. выразить качество количеством. Для этого и служит область знаний, называемых квалиметрией (измерение качества).

Квалиметрия дает обобщенную оценку качества любого объекта рассмотрения по совокупности ряда единичных показателей свойств и характеристик качества объекта исследования, их возможного предварительного группирования и последующего комплексирования. Такой подход в квалиметрической оценке качества сложного объекта исследования именуется «иерархическим деревом свойств» [1, 2].

И если для осязаемых объектов исследования, например, продукции или услуг существует большое число показателей их свойств и характеристик, то для управления процессами и показателями их качества очень много противоречий даже на терминологическом уровне.

Для устранения (конечно же, с нашей точки зрения) обратимся к заголовку данной статьи. В нем только слова (термины), а по Э. Демингу [3] «Слова не имеют значения, если они не могут быть преобразованы в действия с которыми соглашаются все».

И если термины «основа» как наиболее важное, в «квалиметрия» заключается в его простоте и однозначности, то такого нельзя сказать в отношении терминов «качество», «управление», «менеджмент». Для того, чтобы определиться с действиями, которые в них заложены, необходимо ввести еще два понятия: «объект рассмотрения» и «предмет рассмотрения».

«Объектом рассмотрения» считается все «воспринимаемое или воображаемое» [4], т.е. все то, что может быть рассмотрено, проанализировано, оценено, а «предметом рассмотрения» – специфические особенности (детали), характеризующие объект с определенной точки зрения исследователя.

Соответственно, все существующие в объекте вне нашего сознания считается объективным, а что является отражением позиции конкретного человека – субъективным.

Так вот, в словосочетаниях «качество управления» и «качество менеджмента» второй термин является «объектом», а первый – «предметом» рассмотрения. И дискуссии о значении этих слов с момента начала их использования, не прекращаются до сегодняшнего дня как с теоретических, так и с практических точек зрения.

Итак, по отношению к предмету рассмотрения данной статьи («качества») ряд связанных с ним вопросов достаточно подробно рассмотрены в наших учебных пособиях [4, 7], в монографии [5] и ряде других источниках. Нормированное его определение формируется как «степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта требованиям» [6]. При это, понятие «присущих» означает «объективных» характеристик, не зависимых от субъекта их оценки, а степень соответствия как часть чего-то целого, представленного требованием, которое может быть обязательным (правовым) или нормативным, заявленным самой организацией или заинтересованными сторонами. Количественная (измеряемая) составляющая этих требований определяется объектом рассмотрения.

Объектами рассмотрения данной статьи является, в первом случае, «управление», а во втором «менеджмент». Как «управление», так и «менеджмент» – это действия, которые должны быть выполнены или были выполнены (процессы преобразований) и которые зачастую рассматриваются как синонимы.

Тогда, естественно возникает вопрос: Что объединяет (является общим) для понятий «управление» и «менеджмент», и в чем их различие, какими показателями учитывать и какова область их рационального использования?

Термин «управление» имеет древнерусское происхождение слов «правъ», «правити», т.е. что-то делать правильно. Этот термин имеет универсальный характер, т.е. его можно применять в отношении кого-либо или чего-либо, кем-либо или чем-либо. Управлять можно автомобилем, охраной труда, и тому подобными объектами и управляющим инструментом (субъектом) может быть человек, техническое устройство и тому подобное. Благодаря своей универсальности и широты применения «управление» может рассматриваться как наука, как искусство, как процесс, как орган».

И так как «управление» – это действие, но ориентированное на результат («правильные действия создают правильный результат»), то «качество управления» может рассматриваться с позиций «процессного подхода». Модель рассмотрения «управления» «как процесса» приведена на рис. 1.

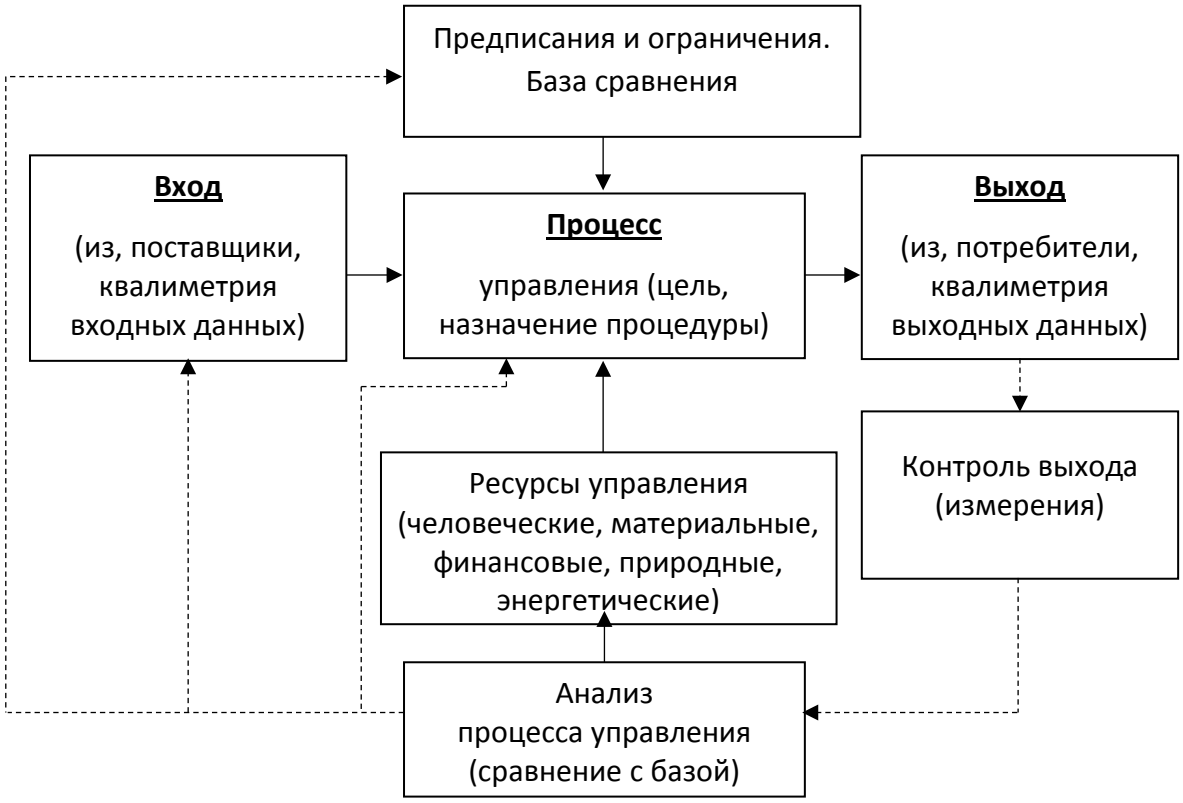


Рис. 1. Модель квалиметрического управления «как процесса»

Отличительной особенностью данной модели является то, что само понятие управления рассматриваются как объекта, оценка качества ведется не «как такового», т.е. с позиций требований, а с позиций «количества качества» на входе и на выходе.

А теперь рассмотрим термин «менеджмент. Термин «менеджмент» англоязычного происхождения (management – «управление»). Есть множество определений данного термина. С нашей точки зрения, наибольшая его сущность отражается формулировкой, приведенной в ГОСТ Р ИСО 9000-2015 [6].

«Менеджмент – это скоординированная деятельность по руководству и управлению организацией» [6].

Таким образом, менеджмент включает в себя термин управление, но конкретизирует объект (организацию), субъект (руководство) и особенности управления (скоординированная деятельность).

«Организация – это лицо или группа людей, связанных определенными отношениями, имеющие ответственность, полномочия и выполняющие свои функции для достижения целей» [6].

Когда речь идет о руководстве, то всегда подразумевается тот человек или группа лиц, кто стоит во главе и на каком уровне осуществляется управление. Для этого вводятся понятия «низового», «среднего» и «высшего» менеджмента.

И наконец, когда речь идет о скоординированной деятельности, то опять же стандарт ИСО 9001-2015 [6] поясняет это «партитивной связью» термин («менеджмент») с подчиненными ему понятиями. Схема такой связи, опуская термин «качество» изображена на рис. 2.

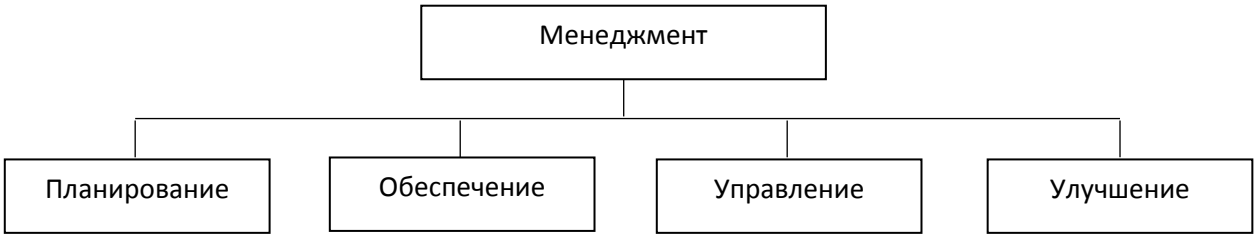


Рис. 2. Партитивная связь термина «менеджмент» с подчиненными ему функциями [6]

Примерно такая же взаимосвязь просматривается и в цикле Деминга–Шухарта (PDCA) [3, 6]. А система менеджмента тем же стандартом [6] объясняет уже родовую связь элементов, входящих в систему (рис. 3).



Рис. 3. Родовая связь системы менеджмента с ее элементами [6]

Но любая система может называться «как системой», только когда все ее элементы совместно работают на достижение единой цели организации («системный подход к менеджменту»), а цели всегда будут считаться «таковыми», если они измеримы (основная задача квалиметрии).

Но основными целями «качества управления» и «качества менеджмента» любой организации должны быть показатели результативности и эффективности обеспечения конкурентоспособности и устойчивого развития организации.

Таким образом, по отношению к организации понятие «качество управления» и «качество менеджмента» можно считать синонимами со словесной формулировкой того, что под

«качеством управления» и под «качеством менеджмента» всегда должна пониматься способность организации достигать поставленных ключевых целей организации путем непрерывного и постоянного совершенствования функций и элементов ее системы менеджмента.

Список литературы

1. Азгальдов, Г. Г. Квалиметрия для всех: Учеб. пособие/ Г. Г. Азгальдов, А. В. Костин, В. В. Садовов. – М.: ИД ИнформЗнание, 2012 – 165 с.

2. Шапошников, В. А. Квалиметрия: учебное пособие для вузов [Гриф УМО] / В. А. Шапошников; Рос. гос. проф.-пед. ун-т. – Екатеринбург: Издательство РГППУ, 2016. – 134 с.

3. Деминг, Э. Д. Выход из кризиса – Тверь: Альба, 1994.

4. Антонова, И. И. Всеобщее управление качеством. Основоположники всеобщего менеджмента качества: учебное пособие / И. И. Антонова, В. А. Смирнов, С. А. Антонов. – М.: Русайнс, 2018.

5. Шадрин, А.Д. Менеджмент качества. От основ к практике. – М: НТК «Трек», 2004 (2006). – 360 с.

6. ГОСТ Р ИСО 9000–2015 «Система менеджмента качества. Основные понятия и словарь». URL: https://internet.garant.ru/#/document/71283064 (дата обращения: 29.03.2025).

7. Антонова, И. И. Всеобщее управление качеством. Принципы всеобщего менеджмента качества. Ч. 2: учебное пособие / И. И. Антонова, В. А. Смирнов. – Москва: РУСАЙНС, 2022. – 122с.

Зимин Т.М.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
Zimtim23@mail.ru
Савостикова О.Г.
старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
ogsavostik@mail.ru

АСПЕКТЫ УЛУЧШЕНИЯ СМК НА ПРЕДПРИЯТИИ «БИВЕР ТЕХ»

Аннотация. В работе рассматриваются принципы улучшения системы менеджмента качества на производстве ООО «БИВЕР ТЕХ». В работе рассматриваются методы обучения специалистов в области качества, и раскрывается сущность мероприятий по подготовке персонала для улучшения СМК. Особое внимание уделяется принципам подхода к обучению со стороны руководства, а также планированию организацией анализа и оценки результатов обучения, их эффективному внедрению в производственные процессы предприятия. В качестве практического примера рассматривается предприятие ООО «БИВЕР ТЕХ», на основе которого разрабатывается программа дополнительного профессионального образования в целях улучшения системы менеджмента качества. Предложенная программа включает методологию обучения, которая основывается на стандартах квалификации, необходимых сотруднику для выполнения профессиональной деятельности специалиста по качеству.

Ключевые слова: программа обучения, персонал, СМК (система менеджмента качества), Политика организации, компетенции.

Zimin T.M.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Zimtim23@mail.ru
Savostikova O.G.
Senior Lecturer of the Department of Standardization, Metrology and Certification,
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ogsavostik@mail.ru

ASPECTS OF QMS IMPROVEMENT AT THE «BEAVER TECH» ENTERPRISE

Abstract. The paper discusses the principles of improving the quality management system at the production of «BEAVER TECH» LLC. The paper examines the methods of training specialists in the field of quality, and reveals the essence of personnel training measures to improve the QMS. Special attention is paid to the principles of the management's approach to training, as well as the organization's planning of the analysis and evaluation of learning outcomes, their effective implementation in the company's production processes. As a practical example, the company «BEAVER TECH» LLC is considered, on the basis of which a program of additional professional education is being developed in order to improve the quality management system. The proposed program includes a training methodology that is based on the qualification standards required by an employee to perform the professional activities of a quality specialist.

Keywords: training program, personnel, QMS (quality management system), Organization Policy, competencies.

В современном мире для эффективного управления качества продукции на различных этапах производства необходима углубленная система менеджмента, включающая квалифицированный персонал, проводящий мероприятия по улучшению качества продукции и услуг на всех стадиях жизненного цикла продукции. В программе обучения персонала в области качества должны быть отражены основные аспекты, необходимые для внедрения или улучшения СМК, в виде учебных дисциплин, проводимых для выбранного персонала. На момент 2025 года, рынок спроса клиента-производителя остается насыщенным, даже после спада производства сохранились требования к качеству и техническим характеристиками оборудования. Такие вводные условия ставят необходимым разработку политики организации и эффективных решений реализации производимой продукции. Ориентация на производство компактных станков, отвечающих потребностям определенной ниши рынка, стала ключевым элементом этой политики. Для успешной реализации стратегии необходимо не только сохранить курс развития, но и обеспечить высокое качество продукции, путем подготовки квалифицированных специалистов в области СМК. Содержание программы должно быть основано на профильной деятельности предприятия, обучать тем компетенциям, которые необходимы отраслевому производству «БИВЕР ТЕХ». Актуальность данной темы опирается на пункте ГОСТ Р ИСО 9001-2015 10.3 «Постоянное улучшение», в котором указано, что Организация должна рассматривать результаты анализа и оценки, выходные данные анализа со стороны руководства, чтобы определить, имеются ли потребности или возможности, требующие рассмотрения в качестве мер по постоянному улучшению.

Методы подготовки персонала в современных организациях

Развитие персонала критически важно для достижения стратегических целей организации: обучение выступает инструментом повышения ценности человеческого капитала и облегчает внедрение организационных изменений. Программы обучения персонала представляют собой целенаправленную передачу знаний, необходимых для эффективной работы организации, формирование практических навыков решения производственных задач и развитие профессионально важных навыков у сотрудников. Как один из ключевых факторов обу-

чения, есть самопознание и последующее самосовершенствование в профессиональном росте сотрудника. Развивая себя, человек приобретает не только новые знания и навыки самостоятельной работы, но и способность к концептуальному и творческому мышлению, генерации новых идей на основе анализа собственного и чужого опыта [4].

Перед внедрением программ подготовки сотрудников необходимо составить структуру бизнес-обучения, в соответствии с политикой организации и реальными потребностями бизнеса. Поэтапное обучение персонала должно быть актуальными и отслеживаемым: при составлении программы подготовки должны учитываться особенности специальности сотрудника, необходимость установки критериев оценки обучения. Методы оценки помогут выяснить успешность прохождения обучение, необходимость корректирующих действий в программу подготовки (табл. 1).

Таблица 1

Задачи и функции этапов организации обучения

Этап	Задачи
Определение политики организации в отношение обучения	Разработка положений организации по обучению персонала в компании.
Подготовка плана обучения	Определение потребностей в обучении, планирование и организация мероприятий по обучению.
Предоставление обучения персоналу	Проведение обучающих мероприятий в соответствии с программой и методами обучения организации.
Оценки результатов обучения	Установка критериев оценивание, оценка результатов обучения, для анализа эффективности проведенных мероприятий.

Руководство организации, рассматривая необходимость проведения обучения, должен уметь ставить приоритеты пользы от обучения персонала. Эффективное обучение персонала должно быть напрямую связано со стратегическими целями организации и приносить ей ощутимую пользу. Часто руководство, обращаясь в учебные центры, размыто формулирует задачи обучения, ожидая абстрактного совершенствования сотрудников, полагая, что любое обучение априори полезно. Однако обучение без четкой цели может оказаться бесполезной тратой ресурсов. Вместо развития необходимых навыков и знаний, такие программы лишь уводят сотрудников от актуальных бизнес-задач. Чтобы обучение было продуктивным, необходимо четко увязать его содержание со стратегией и целями компании, а также создать условия для применения полученных знаний на практике. Только в этом случае обучение будет ценно как для организации, так и для самих сотрудников. Организации упускают из виду необходимость прохождения профессиональной подготовки с карьерным продвижением сотрудника, призванную подготовить сотрудника к работе на новом месте, к разрешению более сложных и ответственных задач. Зарубежный опыт заключается в том, когда руководитель или менеджер, получающий повышение, прежде чем заступить на новую должность, проходит курс подготовки, обучающий теории и практики решения тех задач, что будут встречаться им по ходу его профессиональной деятельности [2].

Методы разработки программы подготовки персонала

Профессиональная подготовка должна разрабатываться с целью соблюдения трудовой дисциплины и рациональному использованию служебного времени, а также с целью эффективной координации работ, связанных с поддержанием уровня системы менеджмента качества на предприятии. Менеджер по качеству является представителем руководства по качеству, подчиняется и работает под непосредственным руководствам руководителя отдела качества. Организация в праве разрабатывать и учреждать Положения организации или стандарты организации, в которых будут указаны требованию к должности менеджера по качеству: образование, знание национальных и международных нормативных документов, требования в области аккредитации технического регулирования. Программа подготовки должна учитывать требо-

вания организации к специалисту, и обучать сотрудника в соответствии с его функциональными обязанностями. Компетенции, полученные в ходе мероприятий по обучению, должны обеспечивать сотрудника навыками в соблюдении требований при осуществлении деятельности по разработке, улучшению системы менеджмента качества (табл. 2).

Таблица 2

Таблица компетенций программы повышения квалификации «СМК на производстве»

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1	Способен управлять качеством продукции на всех стадиях производственного процесса	**Знать:** методы планирования управленческой деятельности, в том числе при помощи современных программных решений. **Уметь**: выявлять причин брака в производстве продукции и разработка рекомендаций по его предупреждению. **Владеть**: анализом системы управления качеством продукции на всех стадиях производственного процесса.
ПК-2	Способен осуществлять работы по управлению качеством продукции	**Знать**: методы оценки качества продукции (работ, услуг). **Уметь**: проводить инспекционный контроль качества продукции (работ, услуг). **Владеть:** анализом результатов проведения корректирующих действий по устранению дефектов, вызывающих ухудшение качественных и количественных показателей продукции (услуг).
ПК-3	Способен управлять качеством продукции (работ, услуг) в организации	**Знать**: методы контроля осуществляемой деятельности в области планирования качества проектируемой и выпускаемой продукции. **Уметь**: использовать методы контроля за применением стандартов и нормативных правовых актов в области управления качеством (менеджмента качества). **Владеть:** методами управления качеством при производстве продукции (выполнении работ, оказании услуг).

По окончанию обучения необходимо определить, достигнута ли цель обучения. Достижение определенных компетенций должно быть отслеживаемым и беспристрастным. Это достигается путем формирования четких компетенций трудовых функций (приложение-таблица). Результаты измерения должны быть проанализированы, и лица-организаторы должны решить дальнейшее применение программы обучения. Возможно, она оказалась неактуальной или недостаточно эффективной для необходимого повышения квалификации сотрудников. Оценку результатов программы обучения должен провести непосредственно специалист по обучению для улучшения программы обучения. Отчет оценки результатов повышения квалификации является ключевым этапом во время рабочей деятельности отдела обучения персонала или ответственных лиц.

Эффективность организации напрямую зависит от грамотного управления человеческими ресурсами. Для достижения максимальной отдачи кадровым менеджерам важно эф-

фективно использовать физический, интеллектуальный и потенциал сотрудников, а также их исполнительские, творческие способности к организации труда. Именно поэтому изучение теории управления развитием системы менеджмента качества и применение ее на практике приобретает особую актуальность.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования 10.3
2. Организация обучения персонала компании / М. И. Магура, М. Б. Курбатова. – Москва: Интел-Синтез, 2002 (с. 57)
3. Управление обучением персонала на предприятии: монография / Е. О. Гаспарович. – LAP Lambert Academic Publishing, Deutschland, 2020
4. Производственная система Тойоты: уходя от массового производства / Тайити Оно – Москва: Ин-т комплексных стратегических исслед., 2012. (с. 132)
5. https://classinform.ru/profstandarty/40.062-spetcialist-po-kachestvu-produktcii.html
6. https://classinform.ru/profstandarty/40.010-spetcialist-po-tekhnicheskomu-kontroliu-kachestva-produktcii.html

Добрынина А.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
arinadobrynina010@mail.ru
Савостикова О.Г.
старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
ogsavostik@mail.ru

ВНЕДРЕНИЕ ПРИНЦИПОВ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КУРАТОРОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается внедрение принципов системы менеджмента качества (СМК) в работу кураторов высших учебных заведений. Поскольку кураторы играют важнейшую роль в поддержке образовательного и личностного развития студентов, интеграция принципов СМК, таких как ориентация на клиента, лидерство, вовлечение людей, процессный подход, постоянное совершенствование, принятие решений на основе фактических данных и управление взаимоотношениями, имеет важное значение для повышения качества образовательных услуг. Также анализируются теоретические основы СМК, подчеркивается их значимость для решения задач кураторства. Определены принципы управления качеством, применяемые в кураторской деятельности в Московском Политехническом университете. В статье делается заключение о том, что систематическое применение принципов СМК повышает эффективность, прозрачность и результативность кураторской работы, что приводит к повышению удовлетворенности студентов и способствует общему развитию культуры качества в образовательном учреждении.

Ключевые слова: система менеджмента качества, куратор, высшее образование, принципы системы менеджмента качества, лидерство, постоянное совершенствование.

Dobrynina A.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
arinadobrynina010@mail.ru
Savostikova O.G.
Senior Lecturer of the Department of Standardization, metrology and certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ogsavostik@mail.ru

IMPLEMENTATION OF THE PRINCIPLES OF THE GUALITY MANAGEMENT SYSTEM IN THE ACTIVITIES OF CURATORS OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF HIGHER EDUCATION

Abstact. The article discusses the implementation of the principles of the quality management system (QMS) in the work of curators of higher educational institutions. Since supervisors play a crucial role in supporting Students' educational and personal development, integrating QMS principles such as customer orientation, leadership, people engagement, process approach, continuous improvement, evidence-based decision making, and relationship management is essential to improve the quality of educational services. The theoretical foundations of the QMS are also analyzed, and their importance for solving the tasks of curatorship is emphasized. The principles of quality management applied in curatorial activities at Moscow Polytechnic University are defined. The article concludes that the systematic application of QMS principles increases the effectiveness, transparency and efficiency of curatorial work, which leads to increased Student satisfaction and contributes to the overall development of a quality culture in an educational institution.

Keywords: quality management system, curator, higher education, principles of the quality management system, leadership, continuous improvement.

В современной динамичной и конкурентной образовательной среде роль принципов менеджмента качества в функционировании высших учебных заведений становится все более важной. В этом контексте деятельность кураторов – тех, кто оказывает образовательную, организационную и социально-психологическую поддержку студентам, – требует особого внимания. Эффективность работы кураторов напрямую влияет на качество образовательных услуг, удовлетворенность студентов и репутацию учебного заведения. Поэтому применение принципов Системы менеджмента качества (СМК) в повседневной деятельности кураторов необходимо.

Актуальность внедрения принципов СМК в работу кураторов обусловлена мировыми тенденциями в обеспечении качества образования, стандартизацией образовательных процессов [1]. Учитывая растущие требования к результатам обучения, личностно-ориентированному обучению и индивидуальной поддержке каждого учащегося, кураторы должны интегрировать инструменты управления качеством в свою профессиональную деятельность, чтобы обеспечить достижение как образовательных, так и организационных целей.

Объектом исследования является деятельность куратора образовательного учреждения высшего образования.

Предмет исследования: принципы системы менеджмента качества.

Целью настоящей статьи является выявление и обоснование способов применения принципов СМК в работе кураторов в высших учебных заведениях, а также определение влияния принципов на повышение эффективности образовательного процесса.

Система менеджмента качества представляет собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих процессов, направленных на постоянное улучшение деятельности организации и удовлетворение требований потребителей [2].

Международный стандарт ISO 9001 определяет восемь ключевых принципов менеджмента качества:

1. Ориентация на клиента: понимание и удовлетворение потребностей студентов, родителей, работодателей.

2. Лидерство: способность кураторов влиять на студентов и мотивировать их, направляя их к достижению образовательных целей.

3. Вовлечение людей: активное вовлечение студентов в учебную и внеучебную деятельность.

4. Процессный подход: систематическая и структурированная организация деятельности.

5. Системный подход к управлению.

6. Совершенствование: постоянное личностное и профессиональное развитие кураторов, а также совершенствование кураторских процессов.

7. Принятие решений на основе фактических данных: анализ данных (посещаемость, успеваемость, обратная связь) для планирования и корректировки мероприятий.

8. Управление взаимоотношениями: построение эффективной коммуникации между студентами, кафедрами, администрацией и внешними организациями [3].

Куратор в высшем учебном заведении выполняет множество функций: организационно-методическую, воспитательную, консультативную и коммуникативную. Он является связующим звеном между студентами и администрацией вуза, помогает студентам адаптироваться к учебному процессу, контролирует академическую успеваемость и формирование профессиональных компетенций [4]. Применяя принципы СМК, кураторы могут более эффективно структурировать свою деятельность, принимать обоснованные решения и продвигать культуру качества среди студентов.

Рассмотрим влияние принципов СМК в деятельности куратора.

1. Ориентация на клиента.

Кураторы должны активно изучать потребности, ожидания и устремления студентов.

2. Лидерство.

Куратор – это не только организатор, но и наставник и вдохновитель. Применяя принципы лидерства, куратор формирует мотивацию для достижения академических успехов, продвигает ценности высшего образования и развивает ответственность и самостоятельность среди студентов.

3. Вовлечение людей.

Вовлечение студентов в управление учебной и внеучебной деятельностью способствует развитию их организаторских способностей, ответственности и инициативы.

4. Процессный подход.

Кураторская деятельность должна быть организована в соответствии с четко определенными процессами: планирование, реализация, мониторинг и совершенствование. Документирование планов, отчетов и процедур является важным элементом, обеспечивающим последовательность и предсказуемость.

5. Системный подход к управлению.

Все действия куратора должны быть согласованы с общей стратегией образовательного учреждения.

6. Постоянное совершенствование.

Каждый учебный год должен заканчиваться анализом эффективности кураторской деятельности.

7. Принятие решений на основе фактических данных.

Данные об успеваемости учащихся, посещаемости, участии в мероприятиях и социологических опросах должны служить основой для принятия управленческих решений.

Вышеперечисленные принципы управления качеством применимы к кураторской деятельности в Московском Политехническом университете.

В Московском Политехническом университете Студенческое общественное объединение «Кураторы Московского Политеха» является важным элементом системы управления качеством образовательного процесса и поддержки студентов. Куратор обеспечивает комплексное сопровождение первокурсников на этапе адаптации к условиям университетской среды, выполняя функцию наставника.

С каждым годом численность студентов Московского Политеха увеличивается, что обуславливает рост количества учебных групп: в 2022/2023 учебном году их насчитывалось 89, в 2023/2024 – 93, а в 2024/2025 – 99 групп. В связи с этим возрастает значимость эффективной кураторской деятельности, направленной на организацию сопровождения студентов на начальных этапах обучения.

Одним из ключевых мероприятий является Адаптивный курс, проводимый в сентябре для студентов первого курса. В рамках данного курса кураторы, преподаватели и сотрудники информируют обучающихся о структуре университета, особенностях образовательного процесса, правилах внутреннего распорядка и регламентах взаимодействия с различными подразделениями. Кураторы помогают в решении организационных вопросов, консультируют по вопросам оформления документов, а также содействуют в социальной и академической адаптации студентов.

Помимо консультационной поддержки, кураторам отводится важная роль в вовлечении первокурсников во внеучебную деятельность университета: участие в мероприятиях, лекциях, форумах и мастер-классах. Одной из задач кураторов является развитие у студентов навыков самостоятельности и ответственности, необходимых для успешной учебы и профессионального роста.

Системная подготовка кураторов осуществляется в рамках Школы кураторов, представляющей собой цикл обучающих мероприятий, направленных на развитие лидерских, коммуникативных и организационных компетенций [5]. Ежегодный набор в Школу кураторов составляет около 180 участников. Школа способствует не только профессиональному развитию студентов, но и формированию прочных межличностных связей, развитию корпоративной культуры университета.

Деятельность студенческого общественного объединения «Кураторы Московского Политеха» строится на принципах постоянного совершенствования: осуществляется сбор и анализ обратной связи, проводится оценка эффективности кураторской работы, формулируются новые цели и стратегии развития. Такой подход позволяет повышать качество образовательной среды и способствует формированию благоприятных условий для обучения и личностного роста студентов.

Внедрение принципов системы менеджмента качества в работе кураторов высших учебных заведений будет способствовать повышению эффективности, прозрачности и предсказуемости кураторской деятельности. Это улучшит качество поддержки студентов, повысит удовлетворенность студентов и будет способствовать их успешному академическому и профессиональному развитию.

Систематическое применение принципов СМК позволит кураторам стать не просто организаторами студенческой жизни, но и эффективными менеджерами качества образовательного процесса. В контексте современных вызовов и глобализации образования интеграция инструментов управления качеством в деятельность кураторов является стратегической необходимостью для высших учебных заведений, стремящихся к устойчивому развитию и конкурентоспособности.

В заключение можно подчеркнуть, что кураторы, обладающие методологией управления качеством, становятся ключевыми проводниками изменений в образовательной среде, обеспечивая постоянное совершенствование как индивидуальных траекторий учащихся, так и всей образовательной системы в целом.

Список литературы

1. Куликов, А. И. Система менеджмента качества в образовательном учреждении / А. И. Куликов // Инновационное развитие – от Шумпетера до наших дней: экономика и образование: Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, Калуга, 01–02 октября 2015 года. – Калуга: Общество с ограниченной ответственностью «Научный консультант», 2015. – С. 244-246. – EDN UTRAYT.

2. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 38 с.

3. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 32 с.

4. Быстрова Наталья Васильевна, Хижная Анна Владимировна, Меркульев Евгений Иванович РОЛЬ КУРАТОРА СТУДЕНЧЕСКОЙ ГРУППЫ В СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ // Проблемы современного педагогического образования. 2020. №66-2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rol-kuratora-studencheskoy-gruppy-v-sovremennoy-sisteme-vysshego-obrazovaniya (дата обращения: 27.04.2025).

5. Айдинян, А. Р. Системный подход к повышению качества образовательного процесса: теоретический аспект / А. Р. Айдинян. – Текст: непосредственный // Исследования молодых ученых: материалы XLVII Междунар. науч. конф. (г. Казань, ноябрь 2022 г.). – Казань: Молодой ученый, 2022. – С. 23-26. – URL: https://moluch.ru/conf/stud/archive/464/17539/ (дата обращения: 27.04.2025)

Баландин А.И.
главный специалист,
АО «НПО «ЦНИИТМАШ»,
Россия, Москва
ab-1870@mail.ru
Кагарлицкий Р.В.
менеджер проекта,
ЗАО «НПК Эллирон»,
Россия, Москва
rodionych2015@yandex.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА НА ЭТАПЕ ПОСТАНОВКИ ПРОДУКЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВО В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Аннотация. В статье рассматривается проблема обеспечения качества на этапе постановки продукции на производство в атомной энергетике. Исследование основано на анализе годового отчета АО «НПО «ЦНИИТМАШ» за 2024 год. Статья анализирует ключевые аспекты системы менеджмента качества (СМК) и культуры безопасности (КБ) на предприятии, выявляет сильные и слабые стороны текущих подходов и предлагает рекомендации для улучшения процессов. Результаты исследования могут быть полезны для других организаций, работающих в атомной энергетике, и могут способствовать повышению надежности и безопасности производства.

Ключевые слова: обеспечение качества, атомная энергетика, управление рисками, АО «НПО «ЦНИИТМАШ», госкорпорация «Росатом».

Balandin A.I.
Chief Specialist
NPO TSNIITMASH JSC
Russia, Moscow
ab-1870@mail.ru
Kagarlitsky R.V.
Project Manager
CJSC NPC Elliron
Russia, Moscow
rodionych2015@yandex.ru

QUALITY ASSURANCE AT THE STAGE OF PRODUCT COMMISSIONING IN THE NUCLEAR POWER INDUSTRY

Abstact. The article discusses the problem of quality assurance at the stage of product commissioning in the nuclear power industry. The study is based on an analysis of the annual report of NPO TSNIITMASH JSC for 2024. The article analyzes the key aspects of the quality management system (QMS) and safety culture (CB) at the enterprise, identifies the strengths and weaknesses of current approaches and offers recommendations for improving processes. The results of the study may be useful for other organizations working in the nuclear energy sector and may contribute to improving the reliability and safety of production.

Keywords: quality assurance, nuclear energy, risk management, NPO TSNIITMASH JSC, Rosatom State Corporation.

Атомная энергетика является одной из наиболее технологически сложных и ответственных отраслей промышленности. Обеспечение высокого качества продукции на всех этапах производства является критически важным для безопасности и надежности атомных объектов. В частности, этап постановки продукции на производство требует особого внимания, так как любые отклонения на этом этапе могут привести к серьезным последствиям. В данной статье мы анализируем систему менеджмента качества и культуры безопасности на примере АО «НПО «ЦНИИТМАШ», одного из ведущих научно-производственных объединений в области атомной энергетики.

Исследование основано на анализе годового отчета АО «НПО «ЦНИИТМАШ» за 2024 год. Отчет содержит данные о функционировании системы менеджмента качества (СМК) и культуры безопасности (КБ) предприятия. Методы исследования включают анализ документов, статистическую обработку данных, а также оценку соответствия процессов требованиям международных стандартов ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018 и отраслевых норм Госкорпорации «Росатом».

Система менеджмента качества (СМК)

АО «НПО «ЦНИИТМАШ» имеет хорошо разработанную систему менеджмента качества, которая соответствует требованиям ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018 и других стандартов. В 2024 году предприятие успешно прошло инспекционные аудиты и подтвердило действие сертификатов соответствия. В ходе анализа были выявлены следующие ключевые аспекты:

- Управление процессами: всего 13 процессов были оценены в рамках СМК. 11 процессов получили высокую оценку, а 2 процесса – среднюю. Это указывает на высокую результативность системы менеджмента качества. Однако для процессов с средней оценкой были разработаны корректирующие мероприятия.

- Внутренние аудиты: В 2024 году было проведено 27 внутренних аудитов, что соответствует годовой программе. Всего было выявлено 10 несоответствий, из которых 8 были устранены в установленный срок. Основные причины несоответствий связаны с низким уровнем контроля со стороны руководителей подразделений и недостаточной осведомленностью сотрудников о требованиях стандартов.

- Управление рисками: Процесс управления рисками проводится на основе процедуры СТО ИСМ 27.24.03.44. В 2024 году был проведен ежеквартальный мониторинг рисков, и реестр рисков обновляется на постоянной основе. Однако процедура требует переработки в 2025 году для оптимизации процесса управления рисками.

Культура безопасности (КБ)

Культура безопасности является неотъемлемой частью СМК на предприятии. В 2024 году был проведен анализ уровня КБ на основе самооценки и внутренних аудитов. Основные результаты:

- Система «Сигнал по КБ»: за год поступило 5 сигналов, что указывает на активное участие сотрудников в выявлении потенциальных рисков и ошибок.

- Обучение и инструктажи: всего было проведено 97 инструктажей по КБ для новых сотрудников, а также 2 обучающих семинара для всего персонала. Однако уровень КБ оценивается как «средний» в соответствии с требованиями стандарта СТ АЭМ 033.УПК.14-2024. Увеличилось количество замечаний, связанных с обеспечением безопасности в подразделениях.

План мероприятий по КБ: План мероприятий на 2024 год был выполнен на 92%. Однако одно мероприятие по созданию видео ролика по безопасному выполнению обязанностей было перенесено на 2025 год.

Подробный анализ отчета

1. Статус действий по результатам предыдущего анализа СМК

В 2024 году были проведены работы по улучшению интегрированной системы менеджмента (ИСМ) в соответствии с требованиями ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018 и других стандартов. В частности, были выполнены следующие ключевые мероприятия:

- Успешное прохождение инспекционных аудитов: СМК прошла инспекционные аудиты без несоответствий, подтвердив действие сертификатов соответствия [1].

- Актуализация внутренних документов: В документацию ИСМ были внесены изменения в соответствии с планом-графиком, оформлены соответствующие извещения об изменениях, и выпущены новые версии документов [2].

- Вводные инструктажи для новых сотрудников: Все новые сотрудники прошли инструктажи по ИСМ и культуре безопасности (КБ), что подтверждается записями в обходных листах [3].

- Мониторинг выполнения требований: Мониторинг выполнения требований внутренней документации по ИСМ, частных программ обеспечения качества (ПОК), и нормативных актов по КБ проводился в рамках внутренних аудитов [4].

2. Анализ изменений во внешних и внутренних факторах

Внешние и внутренние факторы оказали значительное влияние на функционирование СМК в 2024 году. Внешние факторы включали изменения в законодательстве, экономической ситуации, а также международные требования и стандарты. Внутренние факторы включали организационные изменения, кадровую политику, производственную среду, безопасность производства и метрологическое обеспечение.

- Внешние факторы: Политические и правовые изменения, такие как государственная политика в отрасли и законодательные требования, оказали положительное влияние на СМК. Однако санкции и экономическая нестабильность привели к некоторым трудностям, включая ухудшение условий для инвестиционных проектов и сложности с закупкой международных стандартов.

- Внутренние факторы: Организационные изменения и кадровая политика способствовали улучшению СМК. Например, активное участие сотрудников в международных научных конференциях и повышение квалификации персонала способствовали развитию компетенций в области материаловедения и технологии [6]. Однако были отмечены некоторые слабые стороны, такие как необходимость модернизации оборудования и большая загруженность персонала [7].

3. Результаты деятельности и результативности СМК

В 2024 году были достигнуты следующие ключевые результаты в области СМК:

- Удовлетворенность потребителей: Все клиенты отметили высокое качество продукции и оказанных услуг, оперативность рассмотрения замечаний и претензий, а также доступность информации. Однако уровень претензий по сравнению с предыдущим годом вырос, что указывает на необходимость улучшения в этом направлении.

- Достижение целей ИСМ: Большинство целей ИСМ были достигнуты на высоком уровне. Например, успешное прохождение инспекционных аудитов, выполнение контрактных обязательств в срок и поддержание условий действия лицензий Ростехнадзора.

- Оценка результативности процессов: 11 из 13 процессов ИСМ были признаны результативными, с высокой оценкой. Однако два процесса (управление персоналом и управление документированной информацией) получили среднюю оценку, что указывает на необходимость корректирующих мероприятий.

4. Культура ядерной безопасности

Культура безопасности является критически важным аспектом деятельности АО «НПО «ЦНИИТМАШ». В 2024 году были проведены следующие ключевые мероприятия:

- Система «Сигнал по КБ»: за год поступило 5 сигналов, что указывает на активное участие сотрудников в выявлении потенциальных рисков и ошибок. Это свидетельствует о высоком уровне вовлеченности персонала в вопросы безопасности. [7]

- Обучение и инструктажи: всего было проведено 97 инструктажей по КБ для новых сотрудников, а также 2 обучающих семинара для всего персонала. Однако уровень КБ оценивается как «средний», что указывает на необходимость дальнейшего улучшения в этом направлении. [7]

- План мероприятий по КБ: План мероприятий на 2024 год был выполнен на 92%. Однако одно мероприятие по созданию видео ролика по безопасному выполнению обязанностей было перенесено на 2025 год. Это указывает на необходимость более эффективного планирования и реализации мероприятий по КБ. [7]

Анализ данных показывает, что АО «НПО «ЦНИИТМАШ» имеет хорошо разработанную систему менеджмента качества и культуры безопасности. Однако есть несколько ключевых областей, которые требуют улучшения:

1. Управление рисками: Процесс управления рисками должен быть оптимизирован. Рекомендуется переработать процедуру СТО ИСМ 27.24.03.44 и провести дополнительное обучение сотрудников по методам управления рисками.

2. Уровень КБ: несмотря на активное участие сотрудников в системе «Сигнал по КБ», уровень КБ оценивается как средний. Рекомендуется разработать внутренний стандарт по КБ и инициировать проект по развитию культуры безопасного поведения в соответствии с Приказом ГК «Росатом» № 1/2662-П от 28.12.2024.

3. Обучение персонала: необходимо усилить обучение сотрудников по СМК и КБ, включая вводные инструктажи для новых сотрудников и периодические семинары для всего персонала.

4. Управление документацией: необходимо продолжить работу по актуализации и разработке внутренних документов ИСМ в соответствии с назначенными сроками пересмотра и актуализации в Реестре внутренних документов ИСМ Общества.

Обеспечение качества на этапе постановки продукции на производство в атомной энергетике требует интеграции систем менеджмента качества и культуры безопасности. АО «НПО «ЦНИИТМАШ» имеет хорошо разработанную СМК и КБ, однако есть области для улучшения. Рекомендуемые меры по оптимизации управления рисками, повышению уровня КБ и усилению обучения персонала могут способствовать повышению надежности и безопасности производства.

Список литературы

1. Годовой отчет АО «НПО «ЦНИИТМАШ» за 2024 год. Москва, 2025.

2. СТО ИСМ 27.24.03.071. Анализ со стороны руководства. АО «НПО «ЦНИИТМАШ», 2024. (дата обращения: 20.04.2025).

3. СТО ИСМ 27.24.03.053. Руководство по качеству. АО «НПО «ЦНИИТМАШ», 2024. (дата обращения: 20.04.2025).

4. СТО ИСМ 27.24.03.44. Управление рисками. АО «НПО «ЦНИИТМАШ», 2024. (дата обращения: 20.04.2025).

5. Политика в области культуры безопасности. АО «НПО «ЦНИИТМАШ», 2021. (дата обращения: 20.04.2025).

6. СТ АЭМ 033.УПК.14-2024. Госкорпорация «Росатом», 2024. (дата обращения: 20.04.2025).

7. План мероприятий по повышению уровня культуры безопасности в АО «НПО «ЦНИИТМАШ» на 2024 год. АО «НПО «ЦНИИТМАШ», 2024. (дата обращения: 20.04.2025).

Карасева А.И.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
Arina.karaseva.150219@gmail.com
Ларцева Т.А.
старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
quality.smis@mail.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ДОКУМЕНТООБОРОТА В ОБЛАСТИ СЕРТИФИКАЦИИ В ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация. Сертификация продукции – это ключевой элемент системы обеспечения качества, гарантирующий соответствие продукции установленным требованиям и стандартам [1,2,3,4]. Несмотря на развитие технологий, многие испытательные лаборатории по-прежнему используют ручной труд на всех этапах сертификации, что существенно снижает эффективность работы.

В современных условиях бизнеса важны скорость обработки информации и минимизация рутинных процессов. В сфере сертификации транспортных средств ошибки и задержки могут повлечь серьёзные последствия. Однако многие лаборатории всё ещё используют ручные методы, что снижает эффективность и увеличивает риск ошибок. Автоматизация процессов – от подачи заявки до формирования отчетности – повышает точность, безопасность и структуру данных. Стандарт ГОСТ Р ИСО 9001-2015 подчёркивает важность автоматизации и постоянного улучшения процессов [4].

В эпоху цифровизации автоматизация становится необходимым условием для устойчивого развития и конкурентоспособности лабораторий.

Ключевые слова: сертификация, автоматизация, испытательная лаборатория, СБКТС, ЭПТС, IBM Notes, Макрос Excel.

Karaseva A.I.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Arina.karaseva.150219@gmail.com
Lartseva T.A.
Senior Lecturer at the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
quality.smis@mail.ru

AUTOMATION OF THE DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEM IN THE FIELD OF CERTIFICATION IN THE VEHICLE TESTING LABORATORY

Abstact. Product certification is a key element of the quality assurance system that guarantees product compliance with established requirements and standards [1,2,3,4]. Despite the development of technology, many testing laboratories still use manual labor at all stages of certification, which significantly reduces work efficiency.

In modern business conditions, information processing speed and minimization of routine processes are important. In the field of vehicle certification, errors and delays can have serious consequences. However, many laboratories still use manual methods, which reduces efficiency and increases the risk of errors. Automation of processes – from application submission to reporting – im-

proves the accuracy, security, and structure of data. The GOST R ISO 9001-2015 standard emphasizes the importance of automation and continuous process improvement [4].

In the era of digitalization, automation is becoming a prerequisite for the sustainable development and competitiveness of laboratories.

Keywords: Certification, automation, testing laboratory, SBKTS, EPTS, IBM Notes, Excel Macro.

Изучить существующий процесс сертификации без автоматизации; проанализировать этапы, поддающиеся автоматизации; рассмотреть примеры внедренных решений: провести сравнительный анализ программного обеспечения: оценить практическую значимость автоматизации

Описание процесса без автоматизации

Процесс сертификации продукции разделен на множество этапов, как для клиента (Заявителя), так и для испытательной лаборатории. Во многих лабораториях данный процесс выполняется целиком вручную, что не позволяет сэкономить время. Далее будет описан целиком процесс.

Подача заявки клиентом на сертификацию: Заявка должна содержать следующую информацию: наименование и адрес заявителя, наименование и описание продукции, код продукции по Общероссийскому классификатору продукции: требования, которым должна соответствовать продукция, перечень документов, прилагаемых к заявке.

Предоставление необходимого пакета документов: После оформления заявки клиент должен предоставить необходимый перечень документов в испытательную лабораторию: заявка на сертификацию, техническое описание на продукцию, документ, подтверждающий личность владельца продукции, документы подтверждающие право собственности на транспортное средство, таможенные документы на транспортное средство, иные материалы, помогающие в прохождении оценки соответствия транспортного средства (технический паспорт, сертификаты соответствия и тд)

Подписание акта приема-передачи продукции: при предоставлении транспортного средства на полигон испытательной лаборатории клиент и представитель испытательной лаборатории с каждой из сторон должны подписать акт приема-передачи. Данный документ подписывается во избежание правовых прецедентов в случае поломки или косметических повреждений транспортного средства.

Проведение испытаний и технической экспертизы продукции: на полигоне испытательной лаборатории транспортное средство проходит испытания и экспертизу с использованием оборудования согласно ГОСТ 33670- 2015, ГОСТ 33987-2016 и ТР ТС 018/2011 [1,2,3]. При обнаружении повреждений, тонировки или незаявленных элементов испытания не проводятся. Если выявлено несоответствие нормативам, транспортное средство направляется на устранение замечаний. При полном соответствии оформляются первичные записи, и транспортное средство допускается к дальнейшему этапу.

Анализ состояния продукции. (первичные записи): Первичные записи представляют из себя исходные данные, зафиксированные непосредственно в момент проведения испытаний и технической экспертизы транспортного средства. Они служат основным источником информации для дальнейшего анализа, обработки и учета. Первичные записи подразделяются на 3 типа: первичные записи идентификации, первичные записи испытаний, первичные записи экспертизы

Оформление протоколов испытаний и экспертизы. Протокол представляет собой официальные документы, выдаваемые испытательной лабораторией, фиксирующие результаты проверок, исследований или анализа объектов на соответствие установленным требованиям. Протоколы оформляются в соответствии с представленными ранее первичными записями.

Содержание протоколов испытаний и технической экспертизы включает: название и данные организации, проводившей испытания или экспертизу, место проведения, описание объекта, основание для проведения испытаний или экспертизы (ТР ТС 018/2011) [1], применяемые методики и нормативные документы (ГОСТ 33670-2015, ГОСТ 33987-2016) [2,3], описание условий проведения (температура, влажность, оборудование и др.), полученные результа-

ты, выявленные несоответствия, анализ, фотоматериалы, выводы о соответствии требованиям, рекомендации (при необходимости), подписи ответственных лиц и дату составления.

Оформление документа соответствия: Свидетельство о безопасности конструкции транспортного средства (СБКТС) подтверждает соответствие автомобиля, мотоцикла, автобуса или другого колесного транспортного средства требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 018/2011 [1]. Документ оформляется на основании заявительных документов, первичных записей и протоколов. В СБКТС фиксируются технические характеристики, происхождение и год выпуска транспортного средства. Процесс начинается с формирования макета СБКТС в государственной «Системе электронных паспортов» [6] и его отправки на согласование клиенту.

Выпуск Электронного Паспорта Транспортного Средства (ЭПТС): Выпуск ЭПТС производится на государственном ресурсе «Система Электронных паспортов» [6] и основывается на ранее выпущенном СБКТС, дополняется такими сведениями как: фото, цвет кузова, расположение рулевого управления, номер двигателя, страна вывоза транспортного средства.

Выгрузка протоколов в Федеральную Государственную Информационную Систему Росаккредитации: Выгрузка протоколов во ФГИС Росаккредитации [5] необходима для отчетности перед органами, аттестовавшими лабораторию и выдавшими полномочия для оказания услуг. Данная процедура помогает отслеживать количество оказываемых услуг, осуществлять контроль деятельности за испытательными лабораториями.

Описание процесса с автоматизацией

В процессе анализа, было выявлено, что на некоторых этапах можно провести автоматизацию процесса, а также ускорить за счет применения некоторых инструментов.

Подача заявки клиентом на сертификацию: после обращения клиента сотрудники испытательной лаборатории формируют макет СБКТС в ресурсе «Система электронных паспортов» [6], вносят данные о транспортном средстве и владельце. Затем заявка автоматически создаётся в программе и направляется клиенту для согласования и подписания.

Подписание акта приема-передачи продукции: после выгрузки данных во внутренний ресурс, можно также автоматически сформировать акт приема передачи. И таким же образом отправить на согласование и подписание.

Анализ состояния продукции. (первичные записи): на данном этапе, сотрудники вносят данные по транспортному средству сразу в программу, она проверяет на соответствие нормативным документам и позволяет автоматически сформировать макет документов «Первичные записи».

Оформление протоколов испытаний и экспертизы продукции: Данный этап включает в себя визуальный осмотр транспортного средства, внесение в систему оставшихся показателей, а также внесение ряда фотографий.

Оформление документа соответствия: если в протоколе результаты испытаний и технической экспертизы признан удовлетворительным, то сотрудник лаборатории утверждает макет Свидетельства о безопасности конструкции транспортного средства.

Выгрузка протоколов в Федеральную Государственную Информационную Систему Росаккредитации [5]: Процесс автоматизации также затронул и этот аспект, потому как выбранное программное обеспечение позволяет выгружать протоколы автоматически, по заранее собранному пакету документов на транспортное средство.

Сравнительный анализ по программному обеспечению

В процессе изучения программного обеспечения было выявлено две программы, которые отвечают требованиям, представленным для оформления документации: Макрос Exel [8] и IBM Notes [9]. В ходе сравнительного анализа были выявлены преимущества и недостатки каждой из них.

Преимущества Макрос Excel [8]: простота освоения, быстрый отклик, автоматическое формирование документов, интуитивный интерфейс.

Недостатки Макрос Excel [8]: необходимость ручного контроля поверок и обновлений, отсутствие защиты ключевых строк, высокая вероятность ошибок при изменениях, ручной перенос данных, невозможность настройки интерфейса и сложность адаптации шаблонов к новым требованиям.

Преимущества IBM Notes [7]: расширенный функционал, быстрый отклик, понятный алгоритм, удобная настройка интерфейса, автоматическое формирование и обновление документов, контроль оборудования по поверкам, интеграция с «СЭП» [6] и «ФГИС Росаккредитации» [5].

Недостатки IBM Notes [7]: нестабильная связь с «СЭП» [6] и «ФГИС Росаккредитации» [5], возможны системные ошибки при работе с сервисами.

Выбор программного обеспечения: Сравнительный анализ показал, что IBM Notes лучше подходит для условий испытательной лаборатории. Сотрудники уже знакомы с программой, ранее использовавшейся вместо ресурса «СЭП». IBM Notes имеет преимущества перед Макрос Excel: расширенный функционал, удобная настройка шаблонов, автоматизация учёта оборудования и интеграция с «СЭП» [6] и «ФГИС Росаккредитации» [5].

Вывод: Автоматизация сертификации продукции значительно повышает эффективность лабораторий, сокращает время, снижает ошибки и повышает точность. IBM Notes [7] обеспечил большую надёжность и удобство по сравнению с Excel [8], что важно для конкурентоспособности в условиях цифровизации.

Список литературы

1. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011. О безопасности колесных транспортных средств [Текст]. – Введ. 01.01.2015. – М.: Евразийская экономическая комиссия, 2011. – 165 с.

2. ГОСТ 33670–2015. Автотранспортные средства. Требования безопасности при испытаниях и технических осмотрах [Текст]. – Введ. 01.07.2016. – М.: Стандартинформ, 2016. – 21 с.

3. ГОСТ 33987–2016. Автотранспортные средства. Методы измерений при испытаниях и экспертизах [Текст]. – Введ. 01.01.2017. – М.: Стандартинформ, 2017. – 29 с.

4. ГОСТ Р ИСО 9001–2015. Системы менеджмента качества. Требования [Текст]. – Введ. 01.11.2015. – М.: Стандартинформ, 2015. – 65 с. 5. Федеральная государственная информационная система Росаккредитации (ФГИС Росаккредитации). [Электронный ресурс]. URL: https://www.fsa.gov.ru/ (дата обращения: 27.04.2025).

6. Система электронных паспортов транспортных средств (ЭПТС). [Электронный ресурс]. URL: https://elpts.ru/ (дата обращения: 27.04.2025). 7. IBM Notes. Официальная документация по продукту. [Электронный ресурс]. URL: https://www.ibm.com/docs/en/notes (дата обращения: 27.04.2025). 8. Microsoft Excel. Официальная документация. [Электронный ресурс]. URL: https://support.microsoft.com/ru-ru/excel (дата обращения: 27.04.2025).

Бурундукова К.А.
студент,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
burundukova.ka@edu.spbstu.ru
Дмитриева Л.В.
студент,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
luba-K-2011@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ В КОМПАНИИ

Аннотация. Введение принципов бережливого производства способствует повышению качества продукции и услуг, что улучшает конкурентоспособность и увеличивает прибыль ком-

паний. В данной работе исследуется внедрение этих принципов в кол-центре компании, предоставляющей услуги, и оценивается их влияние на управление качеством и устойчивое развитие. Бережливое производство, адаптированное для сферы услуг, включает устранение потерь и повышение эффективности. Внедрение интерактивного голосового меню (ИГМ) в кол-центре улучшило точность и скорость обработки заказов, сократило время ожидания клиентов и уменьшило количество отказов. Практическая значимость работы заключается в анализе существующих процессов и выявлении узких мест. Внедрение ИГМ включало несколько этапов: анализ, разработка, тестирование, внедрение и мониторинг системы. Несмотря на трудности, такие как скептицизм сотрудников и технические сложности, внедрение ИГМ привело к улучшению качества взаимодействия с клиентами и повышению удовлетворенности. Экономическая эффективность внедрения составила более 100%, что подтверждает значимость применения принципов бережливого производства для устойчивого развития компании. Внедрение ИГМ также способствует устойчивому развитию компании, обеспечивая более эффективное использование ресурсов, повышение адаптивности и конкурентоспособности на рынке.

Ключевые слова: бережливое производство; управление качеством; устойчивое развитие.

Burundukova K.A.
Student
Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
burundukova.ka@edu.spbstu.ru
Dmitrieva L.V.
Student
Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
luba-K-2011@yandex.ru

THE IMPACT OF LEAN MANUFACTURING ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND THE QUALITY MANAGEMENT WITHIN A COMPANY

Abstact. The implementation of lean manufacturing principles can help improve the quality of products and services offered by companies, leading to increased competitiveness and profitability. This paper will examine the implementation of such principles in a call center operated by a service provider and assess their impact on quality management and long-term sustainability. Lean manufacturing adapted for the services sector involves eliminating waste and improving efficiency. The implementation of interactive voice response (IVR) technology in the call center has led to more accurate and faster order processing, shorter customer wait times, and fewer rejections. The practical significance of this work lies in the analysis of existing processes and identification of bottlenecks. The implementation of the IVR project involved several stages, including analysis, development, testing, and monitoring of the system. Despite challenges such as employee resistance and technical difficulties, the successful implementation of IVR led to improved customer engagement and satisfaction. The economic efficiency of the project exceeded 100%, confirming the importance of implementing lean manufacturing principles for the long-term success of the company. Additionally, the introduction of IRM contributes to sustainable business growth by ensuring more efficient resource utilization, increased adaptability, and improved competitiveness in the marketplace.

Keywords: lean manufacturing; quality management; sustainable development.

В условиях современного рынка предприятия сталкиваются с необходимостью постоянного повышения качества продукции и услуг для поддержания конкурентоспособности и увеличения прибыли. Одним из эффективных подходов к достижению этих целей является внедрение принципов бережливого производства.

Необходимость снижения затрат и повышения эффективности использования ресурсов делает внедрение бережливого производства актуальным для многих компаний. Бережливое

производство направлено на устранение потерь и улучшение процессов, что позволяет повысить качество продукции и услуг, а также удовлетворенность клиентов. В литературе отмечается, что бережливое производство способствует устойчивому развитию компаний, повышая их адаптивность и конкурентоспособность [1,2].

Целью данной работы является исследование возможности внедрения принципов бережливого производства в предприятие, предлагающее услуги, и оценка его влияния на управление качеством и устойчивое развитие компании. В качестве объекта исследования был выбран кол-центр компании.

Бережливое производство обычно применяется на производственных предприятиях, но его принципы могут быть адаптированы для сферы услуг [3]. Основные принципы включают устранение потерь, улучшение процессов и повышение эффективности использования ресурсов. Интерактивное голосовое меню (ИГМ) – это автоматизированная телефонная система, которая позволяет клиентам выбирать варианты голосового меню и взаимодействовать с помощью голоса и цифровых клавиатур. В рамках управления качеством ИГМ играет важную роль, так как способствует повышению точности и скорости обработки заказов, сокращению времени ожидания клиентов на линии и уменьшению количества отказов.

Был проведен детальный анализ существующих процессов обработки звонков и взаимодействия с клиентами, выявлены основные проблемы и узкие места, такие как недостаточная автоматизация и низкая отдача звонков потенциальным клиентам. Оценка эффективности работы кол-центра включала время ожидания на линии, точность обработки заказов и количество отказов. Анализ работы кол-центра показал необходимость оптимизации категоризации клиентов при первичных переговорах. Для решения было предложено внедрение интерактивного голосового меню (ИГМ).

Проявившиеся трудности при внедрении интерактивного голосового меню:

1. Некоторые сотрудники были скептически настроены к новым технологиям и не сразу приняли необходимость внедрения ИГМ. Потребовалось время и усилия для их убеждения и мотивации.

2. Обучение сотрудников работе с новой системой потребовало значительных временных и финансовых ресурсов. Необходимо было провести тренинги и обеспечить поддержку на начальном этапе использования ИГМ.

3. В процессе разработки и тестирования системы возникли технические сложности, такие как ошибки в сценариях голосового меню и проблемы с интеграцией с существующими системами.

4. Создание понятных и интуитивных сценариев голосового меню оказалось сложной задачей. Требовалось учитывать разнообразные запросы клиентов и обеспечивать удобство использования системы.

5. После внедрения системы потребовалось постоянное наблюдение за её работой и внесение корректировок для повышения эффективности и устранения выявленных недостатков.

6. На начальном этапе внедрения некоторые клиенты выражали недовольство новыми процессами, что потребовало дополнительных усилий по улучшению взаимодействия и адаптации системы под их потребности.

Внедрение интерактивного голосового меню привело к следующим положительным результатам: улучшение качества взаимодействия с клиентами в части обработки заказов; сокращение количества отказов.

Наглядно изменения видны в Таблице.

Что изменилось для персонала:

1. Сотрудники прошли обучение по работе с новой системой ИГМ, что повысило их профессиональные навыки и уверенность в работе.

2. Автоматизация процесса обработки звонков снизила нагрузку на операторов, что позволило им сосредоточиться на более сложных задачах и улучшить качество обслуживания.

3. Повышение эффективности работы и улучшение взаимодействия с клиентами положительно сказалось на мотивации сотрудников.

4. Сокращение времени ожидания и уменьшение количества отказов снизили уровень стресса у операторов, что улучшило общую атмосферу в коллективе.

Таблица

Результаты внедрения

Показатель	До внедрения	После внедрения	Изменение (%)
Время ожидания на линии	5 минут	2 минуты	-60%
Точность обработки заказов	85%	95%	10%
Количество отказов	20%	5%	-75%
Удовлетворенность клиентов	70%	90%	20%

Расходы на внедрение ИГМ составили 825000 рублей, доходы от внедрения ИГМ составили 1900000 рублей.

Для оценки экономической эффективности внедрения интерактивного голосового меню были проведены следующие расчеты:

Для расчета эффективности внедрения используется формула:

$$\text{Эффективность} = \frac{\text{Доходы} - \text{Расходы}}{\text{Расходы}} \times 100\% \quad (1)$$

Подставим значения:

$$\text{Эффективность} = \frac{1900000 - 825000}{825000} \times 100\% = 130{,}3\% \quad (2)$$

Таким образом, внедрение интерактивного голосового меню показало экономическую эффективность в размере 130.30%.

Внедрение принципов бережливого производства, в частности интерактивного голосового меню, в рамках совершенствования процесса управления качеством взаимодействия сотрудников кол-центра с пользователями, показало свою эффективность в улучшении управления качеством на предприятии. Данные меры способствуют снижению затрат, повышению удовлетворенности клиентов и увеличению прибыли компании. Также снялась часть работы с операторов кол-центра, позволив им сосредоточиться на других задачах, улучшилась атмосфера в коллективе.

Комплексный подход, включающий обучение персонала, мониторинг и оценку, культуру непрерывного улучшения и интеграцию с другими системами управления, обеспечивает устойчивое развитие и конкурентоспособность компании на рынке. Внедрение принципов бережливого производства способствует созданию более эффективной и адаптивной организации, способной быстро реагировать на изменения в рыночной среде и поддерживать высокий уровень качества продукции и услуг.

Список литературы

1. Ашинова М.К. «Бережливое производство как инструмент повышения конкурентоспособности предприятия / М.К. Ашинова, С.К. Чиназирова, М.П. Хгурова // Новые технологии. – 2018. -№2. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/berezhlivoe-proizvodstvo-kak-instrument-povysheniya-konkurentosposobnosti-predpriyatiya (дата обращения: 24.04.2025)

2. McMahon, T. Lean 101: An Introduction to Lean Manufacturing Электронный ресурс // 2021. – URL: https://www.qualitymag.com/articles/96687-lean-101-an-introduction-to-lean-manufacturing (дата обращения: 24.04.2025)

3. Jusko, J. Lean Manufacturing in a Digital World Электронный ресурс // 2020. – URL: https://www.industryweek.com/operations/article/21126050/lean-manufacturing-in-a-digital-world (дата обращения: 24.04.2025)

Соболевский Д.В.
студент,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
densobol300401@gmail.com

ОПТИМИЗАЦИЯ ВРЕМЕННЫХ ЗАТРАТ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ К ПРЕЗЕНТАЦИИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ ПРОЕКТА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Рассматривается возможность повышения уровня развития проектов и качества продукции путем эффективного управления, в частности оптимизации процесса подготовки к презентациям проекта на каждом из этапов. Проведен анализ текущего положения процесса. Выявлен ряд сложностей и проблем, связанных с его реализацией. Проведен поиск актуальных ИТ-решений с использованием ИИ, которые способны решить основные проблемы. Выявлены положительные и негативные стороны данных решений по сравнению с типичным представлением процесса. Сформировано представление о рисках при внедрении рассматриваемых решений. Создана рекомендация по внедрению данных решений для оптимизации процесса подготовки презентации и повышения качества продукции.

Ключевые слова: оптимизация процессов, создание презентаций, повышение качества, ИТ-решения, искусственный интеллект.

Sobolevskiy D.V.
Student
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
densobol300401@gmail.com

OPTIMIZATION OF TIME EXPENDITURES IN THE PROCESS OF PREPARING PRESENTATIONS OF INTERIM RESULTS AND PROJECT DEVELOPMENT STAGES WITH THE AIM OF IMPROVING PRODUCTION QUALITY

Abstact. The possibility of enhancing project development levels and product quality through effective management is being considered, particularly by optimizing the preparation process for project presentations at each stage. An analysis of the current state of the process has been conducted. Several difficulties and problems associated with its implementation have been identified. A search for relevant IT solutions utilizing AI that can address the main issues has been carried out. Both the positive and negative aspects of these solutions have been identified in comparison to the typical presentation process. An understanding of the risks associated with the implementation of the proposed solutions has been formed. Recommendations for the implementation of these solutions to optimize the presentation preparation process and improve product quality have been created.

Keywords: process optimization, presentation creation, quality improvement, IT solutions, artificial intelligence.

Процесс презентации результатов и хода развития проекта является одним из важнейших элементов реализации проектов. Подготовка является основополагающим фактором эффективности с помощью создания информативных изображения, текстовых описаний. Данный процесс подготовки может стать очень затратным с точки зрения трудовых и временных ресурсов, поэтому важно подойти к данной задаче максимально продуктивно, так как количество презентации растет с каждым годом и требует все больше усилий. Каждая презентация может значительно повлиять на деятельность команды и проекта в целом. Важным аспектом является подбор стилистического оформления презентации в соответствии с целевой аудиторией, с целью максимизации эффективности выступлений. Так, из одних и тех же данных могут получиться сильно отличающийся контент.

Проанализировав рынок создания презентаций в ходе развития проекта, сформируем представление о текущем положении процесса, выделим основные проблемы и сложности, сделав акцент на временных издержках и проанализируем их. Основываясь на полученных данных, проанализируем рынок ИТ-решений, которые способны повлиять на функционирование данного процесса с целью повышения эффективности временных затрат и качества контента. Проведем сравнительный анализ текущих решений с возможными нововведениями. Сформируем методические рекомендации по оптимизации процесса с использованием актуальных ИТ-сервисов.

В первую очередь перед созданием презентации важно определить цель и проанализировать целевую аудиторию. Так, презентации могут принимать разные формы в соответствии с типом применения: информативные, где главная цель – передача фактов и данных, убеждающие, где целью является влияние на мнение аудитории, располагающие, где целью является повышения лояльности и уровня доверия;

Таким образом, в зависимости от цели применения презентации и желаемого результата для иллюстрации одной и той же информации необходимо подходить к подготовке с разных сторон, что в значительной степени влияет на процесс создания визуального контента.

В ходе развития проекта качественная презентация способна привести к увеличению эффективности взаимодействия внутри команды, что, в свою очередь, положительно скажется на качестве производства продукта, и влияет на привлечение внимание со стороны потенциальных партнеров, поставщиков и клиентов, поэтому важно разграничивать и подбирать стилистику презентации в соответствии с целевой аудиторией.

Более того существует ряд ограничений, связанных с созданием материалов для выступления, что может повысить сложность и времязатраты на создание или адаптацию контента: специфическая терминология, определенная стилистика текстового контента, необходимость использования конкретных шаблонов визуализации, вариативные ограничения по количеству слайдов.

Проанализировав рынок создания и подготовки к презентациям, было принято решение сформировать модели текущего положения процесса разработки материалов для презентации. Сформируем модель AS IS данных процессов в нотации bpmn, что изображено на рисунках 1 и 2.

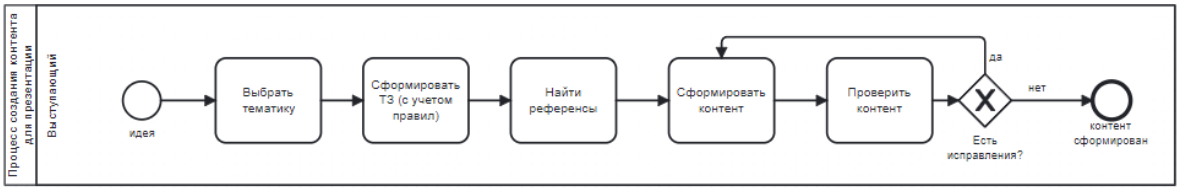


Рис. 1. Процесс создания презентации (составлено автором)

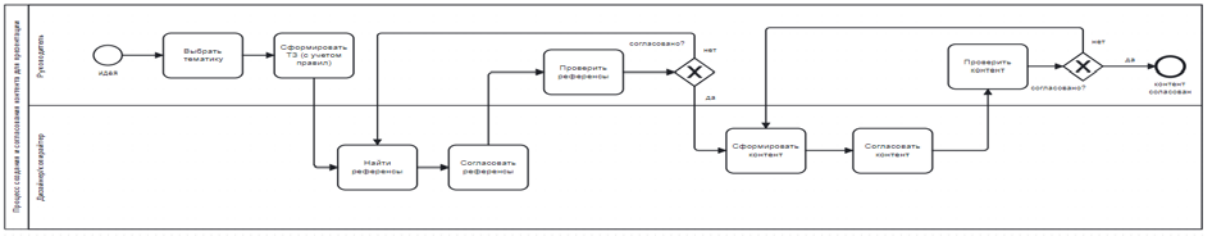


Рис. 2. Разработка презентации с согласованием (составлено автором)

Благодаря данным изображениям становится ясно, что существует 2 подхода к созданию и подготовке презентации, что имеет большое влияние на уровень временных, трудовых издержек и финансовых показателей, поэтому рассмотрим создание презентации поэтапно. В качестве референсного значения возьмем презентацию размером 10-15 слайдов. Рассмотрим временные затраты на создание презентации поэтапно: формирование идеи (1-3 часа), разра-

ботка структуры (1-2 часа), создание контента (3-10 часов), макет и дизайн (2-5 часов), доработка презентации (1-2 часа).

Данный процесс может быть усложнен и увеличен по времени при условии, что он выполняется не выступающим и требует согласования, но в свою очередь, профильный компетентный специалист способен снизить временные издержки на создания контента, а итоговый результат будет зависеть от скорости согласования и количества правок.

Таким образом, основными проблемами реализации данного процесса являются высокие временные затраты, большой объём работы и возможные дополнительные финансовые издержки на штатную единицу или подрядчика для оформления требуемого контента.

Проанализировав рынок ИТ-решений, были найдены следующие сервисы, которые нацелены на помощь в создании презентации: SlidesGo генерация презентация полный цикл по запросу, MagicSlides – дизайн презентации на основе созданного макета, Prezo – дизайн презентации на основе текста, Slidebean – редизайн презентации. Так скорость реализации любой задачи занимает около 1 минуты.

Рассматриваемые решения являются примерами для общего понимания и доступны в бесплатном формате. Важным аспектом эффективности работы данных сервисов является компетенции в формировании запросов, от них зависит требования в дальнейшей доработке и исправлении презентации. Данные решение выполняют свой функционал в кротчайшие сроки, так временные издержки на создание презентация размером 10-15 слайдов составляют менее 1 минуты после отправки запроса. Данный метод подходит для формирования презентации без дополнительных ограничений, о которых говорилось ранее. Они позволяют выбирать стилистику, состав и формат контента, вносить собственные изменения при необходимости.

Но в условиях дополнительных ограничений пользователи могут столкнуться с определенными трудностями, на решение которых может уйти дополнительное время. Так, при анализе ИТ-решений было принято решение изучить сервисы, которые способны решить конкретные задачи для поддержки в создании презентации в традиционном формате: Napkin ai -преобразование текста в графики и диаграммы. SpeechNotes – преобразование голоса в текст в режиме реального времени. Hailuoai – генерация видео роликов по запросу. Leonardo ai – генерация изображений по запросу.

Данные ИТ-сервисы призваны упростить подпроцессы по подготовке презентаций. Так процессы, которые занимали часы времени: поиск референсов, оформление теста, преобразование контента стало возможно реализовать менее чем за минуту, что способно ускорить процесс создания презентаций в условиях ограничений.

Преимуществом внедрения выбранных решений является: минимальная скорость создания контента – проведение этапов создание структуры, контента и дизайна презентации могут быть выполнены за несколько минут, возможность выполнять полный цикл самостоятельно, что влияет на эффективность презентации, низкие финансовые издержки, так существуют бесплатные сервисы, отсутствие необходимости в ряде сотрудников.

Важнейшем аспектом эффективности создания презентаций с использованием данных решений является необходимость в развитии компетенций для управления данными сервисами, ведь без надлежащих умений преимущества могут превратиться в недостатки. Более того временные издержки на подготовку идеи и доработку контента могут значительно вырасти, что является основными недостатками данных решений.

Так, данные сервисы позволят увеличить количество создаваемых презентаций из-за минимизации временных издержек, и частичной автоматизации процесса, что в свою очередь способно повысить уровень информированности сотрудников, лояльность, повысить концентрацию на основных задачах и внести значительный вклад на повышение качества развития проекта и производства в целом и могут быть рекомендованы к внедрению.

Проведение презентаций в рамках развития проекта может стать ключевым фактором для повышения качества продукции и проекта в целом. В то время как процесс подготовки презентации может быть оптимизирован с использованием новых ИТ-решений, что приведет к увеличению эффективности работоспособности команды и проекта в целом.

Список литературы

1. Даниловских, М. Г. PowerPoint. Средство для создания и демонстрации презентаций: учебно-методическое пособие / М. Г. Даниловских, Л. И. Винник; М. Г. Даниловских, Л. И. Винник; М-во образования и науки Российской Федерации, Новгородский гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2011. – 39 с.

2. Жарылкасын, А. Б. Создание интерактивных презентаций / А. Б. Жарылкасын, А. С. Рысжанова // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2017. – № 4-9(24). – С. 95-100.

3. Молчанова, А. И. Создание презентации проекта «Планер» в системе Microsoft Powerpoint / А. И. Молчанова, А. И. Курицких // Постулат. – 2022. – № 1(75).

4. Цыгута, А. Н. Создание презентаций с помощью искусственного интеллекта / А. Н. Цыгута, Е. А. Джалмухамбетова // Актуальные решения проблем водного транспорта: сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Астрахань, 29 мая 2023 года. – Астрахань: Индивидуальный предприниматель Сорокин Роман Васильевич (Издатель: Сорокин Роман Васильевич), 2023. – С. 359-362.

5. Дубовик, Н. И. Искусственный интеллект как средство создания презентаций / Н. И. Дубовик // Катановские чтения – 2024: Сборник научных трудов студентов, Абакан, 11 марта – 17 2024 года. – Абакан: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», 2024. – С. 16.

Соколова Л.А.
инженер по метрологии,
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»,
Россия, Москва
pontij.pilat.3103@mail.ru

ИНТЕГРАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ ОТК В МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Аннотация. Современные приборостроительные предприятия в области газового анализа обязаны проводить операции по контролю качества продукции и поверку средств измерений в соответствии с областью аккредитации с законодательством РФ в сфере государственного регулирования области обеспечения единства измерений (далее – ОЕИ). Обычно действия в области контроля качества средств измерений (далее – СИ) отрицательно влияют на проведение поверки. В данной статье будут рассмотрены методы интеграции операций, проводимых при осуществлении контроля качества в метрологическое обеспечение СИ.

Ключевые слова: поверка; метрология; отк; контроль качества.

Sokolova L.A.
Metrology Engineer
PROMMASH TEST Metrology LLC
Russia, Moscow
pontij.pilat.3103@mail.ru

INTEGRATION OF OTC OPERATIONS INTO THE METROLOGICAL SUPPORT OF MEASURING INSTRUMENTS

Abstact. Modern instrument–making enterprises in the field of gas analysis are required to carry out product quality control operations and verification of measuring instruments according to the scope of accreditation and in accordance with the legislation of the Russian Federation in the

field of state regulation of the field of ensuring the uniformity of measurements (hereinafter referred to as OEI). Usually, actions in the field of quality control of measuring instruments (hereinafter referred to as SI) negatively affect the verification process. This article will consider methods for integrating quality control operations into SI metrological support.

Keywords: verification; metrology; OTC; quality control.

В соответствии с законодательством РФ в области обеспечения единства измерений каждое СИ, участвующее в государственном регулировании в ОЕИ, должно подвергаться первичной и периодической поверке в соответствии с межповерочным интервалом и методикой поверки. Также при производстве си должно проходить процедуры, предусмотренные методикой по определению соответствия технических и некоторых метрологических характеристик тем, что заявлены в технической документации (далее – ТД) на си.

Сразу после изготовления происходит юстировка СИ и прохождение операций по определению технических характеристик в отделе ОТК. После прохождения ОТК си попадает в метрологическую службу, где проходит первичную поверку.

В настоящее время не существует конкретных утвержденных методик по проведению технического контроля, кроме некоторых стандартов, необязательных к выполнению, что в свою очередь может вызвать неправильные действия со стороны контролера ОТК и пагубно отразиться на метрологических характеристиках.

Среди основных проблем можно выделить:

– Сбой нулевого положения шкалы СИ;

– Превышение порога верхнего предела измерений (далее – впи);

– Порча чувствительного элемента при превышении ВПИ;

– Выставление превышающих значений сопротивления реостатов или неправильная регулировка внутренних органов управления.

При проведении операций технического контроля необходимо задумываться о сохранении метрологических характеристик, поэтому при проведении операций, которые могут сказаться на метрологических характеристиках необходимо руководствоваться принципом – «не навреди». Так как после прохождения ОТК при первичной поверке высок шанс получить извещение о непригодности, необходимо выстроить план проведения контроля качества таким образом, чтобы не нанести вред.

При проведении поверки главным регламентирующим документом для конкретного си является методика поверки (далее – МП) в соответствии с которой необходимо проводить все операции поверки, предусмотренные МП. Не запрещается при проведении поверки проводить еще и внутренние проверки метрологических характеристик в объеме операций поверки. Главное не отражать результаты дополнительных операций в протоколах поверки (если это не предусмотрено МП) и не вносить о них данные во ФГИС «Аршин». При внедрении некоторых операций технического контроля, проводимых ОТК, необходимо руководствоваться ранее упомянутым принципом «не навреди».

По перечисленным ранее проблемам, возникающим при проведении технического контроля, были разработаны следующие рекомендации:

– Соблюдение условий окружающей среды, описанных в методике поверки;

– Проверку впи осуществлять по верхней точке поверки, при ее отсутствии брать стандартную: 0,95 от впи;

– Проверку нулевой точки си осуществлять только при помощи нулевого поверочного газа (воздух по ТУ, ГСО азот, ГСО гелий и тд);

– Не производить дополнительных регулировок и настроек внутренних органов управления.

Стоит отметить, что соблюдение МП является обязательным требованием и операции поверки не должны противоречить операциям, описанным в МП, но могут быть дополнены операциями проверки работоспособности, соответствия заявленным в ТД характеристикам и тд. Поэтому нет больших ограничений для внедрения некоторых операций, проводимых ОТК в процесс метрологического обеспечения СИ.

Внедрение операций ОТК в Метрологическую службу очень актуальная проблема, необходимая в производственном процессе. Данные рекомендации сильно сокращают время контроля соответствия метрологических характеристик заявленным в ТД на СИ и влияют на качество проведенных работ.

Список литературы

1. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 N 102-ФЗ (последняя редакция);

2. Ефимов В. В. «Средства и методы управления качеством»: учебное пособие, М.: КНОРУС, 2016. 1

3. Леонов О. А. «Управление качеством»: учебник, Санкт-Петербург: Лань, 2018. 1

4. Афанасьев А. А., Погонин А. А. «Обеспечение качества изделий машиностроительного производства»: учебное пособие, 2-е изд., доп., М.: ИНФРА-М, 2018. 1

5. Самсонова М. В. «Основы обеспечения качества»: учебное пособие, М.: ИНФРА-М, 2017.

6. Дворкин В. И. «Метрология и обеспечение качества химического анализа». 24

7. Санков О. В., Лёгкий В. Н. «Метрология на предприятиях оборонно-промышленного комплекса: обеспечение единства измерений». 2

8. Табак Л. В., Суворова Н. А. «Основы метрологии, стандартизации, сертификации и оценки качества». 2

9. Окрепилов В. В. «Занимательная метрология».

Лащенко М.Д.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
lashenko.matvei@yandex.ru
Левина Т.А.
к.э.н., заведующий кафедрой «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
gta03@mail.ru

ЦИФРОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В ПРОЕКТНЫХ КОМАНДАХ: ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТОВ

Аннотация. Проведены исследования влияния цифрового взаимодействия участников проектной команды на результат проекта в условиях дистанционного формата работы. Рассматриваются особенности распределения задач, коммуникации и координации в онлайн-среде. Выявлены ключевые факторы, способствующие повышению эффективности проектной деятельности. Сделаны предложения по оптимизации цифровых процессов управления проектами с учетом опыта крупных компаний.

Ключевые слова: цифровое взаимодействие, проектная команда, дистанционный формат, управление проектами, эффективность, координация, коммуникация.

Laschenko M.D.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
lashenko.matvei@yandex.ru
Levina T.A.
Candidate of Economic Sciences, Head of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
gta03@mail.ru

DIGITAL INTERACTION IN PROJECT TEAMS: IMPACT ON THE EFFECTIVENESS AND RESULTS OF PROJECTS

Abstract. Studies of the impact of digital interaction of project team members on the project outcome in a remote work format have been conducted. The features of task allocation, communication and coordination in an online environment are considered. The key factors contributing to improving the efficiency of project activities have been identified. Proposals have been made to optimize digital project management processes, taking into account the experience of large companies.

Keywords: digital interaction, project team, remote format, project management, efficiency, coordination, communication.

Для повышения эффективности деятельности проектной команды в рамках данного исследования была разработана комплексная модель формирования и управления проектной командой, учитывающая специфику вузовской среды, особенности студенческого волонтёрства, а также современные подходы к командообразованию.

Цель модели:

1. Создание устойчивых, мотивированных и сбалансированных по ролевому составу проектных команд, способных эффективно реализовывать краткосрочные и долгосрочные волонтерские инициативы.

2. Методологическая база модели:

3. Модель основывается на интеграции следующих подходов и методик:

4. Ролевой подход Р. Белбина – для диагностики командных ролей и определения функционального состава команды;

5. Модель жизненного цикла команды Б. Такмана (Tuckman) – для выстраивания управленческих действий по этапам: формирование, конфликт, нормализация, результативность, завершение;

6. Типология психотипов Д. Кейрси и MBTI – для учета совместимости, способов коммуникации и мотивационных факторов;

7. Методика оценки организационной культуры OCAI (Cameron & Quinn) – для адаптации внутренних управленческих решений к доминирующему стилю командного взаимодействия;

8. Принципы agile-подхода – для гибкого управления проектами, использования ретроспектив и командных оценок.

Этапы реализации модели:

1. Формирование состава команды

Проведение анкетирования и тестирования всех претендентов (включая адаптированную версию опросника Белбина и тест Кейрси).

Формирование команды по принципу ролевого и психологического баланса: в каждой команде обеспечивается наличие ключевых ролей (инициатор, реализатор, координатор, аналитик и др.).

Учёт предпочтений студентов: проектная тематика, стиль работы, уровень загрузки.

2. Назначение лидера команды

Лидер определяется по результатам диагностики (роль "координатор" или "председатель").

Вводится механизм сменного лидерства – при необходимости лидер может быть заменён в рамках ротации ролей (по согласованию команды и куратора).

3. Организация и запуск работы команды

Использование цифровых инструментов для управления задачами (Trello, Notion, Яндекс.Диск).

Четкая декомпозиция целей проекта на задачи, определение ответственных лиц.

Организация еженедельных встреч, в том числе кратких daily-митингов и ежемесячных ретроспектив.

4. Поддержка командного взаимодействия

5. Мотивация и оценка эффективности

Введение системы нематериального поощрения: благодарственные письма, сертификаты, признание на мероприятиях.

Оценка эффективности команды осуществляется по четырём группам показателей:

Количественные (число мероприятий, участников, партнёрств);

Качественные (отзывы, обратная связь);

- Поведенческие (вовлечённость, инициатива);
- Стратегические (вклад в цели центра, устойчивость команды).
- Структура модели (Приложение А):
- Диагностика участников;
- Формирование команды;
- Назначение ролей и целей;
- Реализация проектов;
- Оценка результатов и ретроспектива.
- Отличительные особенности модели:
- Адаптация под студенческую аудиторию – учёт нестабильной учебной нагрузки, мотивационных факторов и добровольности участия;
- Гибкость – возможность работы как с постоянными, так и со сменными участниками;

Междисциплинарность – объединение студентов разных направлений подготовки;

Ориентация на развитие soft skills – коммуникации, лидерство, ответственность.

Таким образом, разработанная модель представляет собой интеграционную платформу, сочетающую в себе классические управленческие подходы, современные психометрические инструменты и практики управления командами. Её внедрение позволяет перейти от случайного комплектования команд к системному построению эффективных проектных групп, устойчивых к внешним вызовам и способных к саморазвитию.Современные условия развития технологий и глобализация рынка труда привели к активному распространению дистанционных форм работы, включая реализацию проектов в онлайн-среде. Работа проектных команд в цифровом формате требует новых подходов к организации взаимодействия, постановке задач и контролю исполнения, что напрямую влияет на результат проекта.

Согласно исследованиям российских авторов, таких как И.Д. Чечевицына [1], А.В. Лапыгин [2], цифровизация управления проектами приводит к изменению традиционных методов работы. Возрастает значимость грамотной цифровой коммуникации и четкой постановки задач. При этом успешное дистанционное взаимодействие требует новых компетенций у руководителей и участников проектных команд.

Литературный обзор показывает, что вопросы цифрового взаимодействия активно исследуются в рамках менеджмента качества (И.И. Мазур [3], В.Д. Шапиро [4]). Однако существует необходимость в разработке конкретных рекомендаций для повышения эффективности работы проектных команд в онлайн-режиме.

Выявлено влияние цифрового взаимодействия на результат проекта и разработка практических рекомендаций по оптимизации процессов дистанционного управления проектной командой.

Цифровое взаимодействие участников проектной команды включает в себя обмен информацией, совместную работу над документами, проведение виртуальных совещаний и постановку задач через специализированные платформы (например, Trello, Bitrix24, Asana). Основные методы эффективного цифрового взаимодействия включают:

1. Ежедневные стендапы (Daily Scrum);
2. Канбан-доски для визуализации задач;
3. Интерактивные чаты и мессенджеры для оперативной связи;
4. Платформы для совместной работы над документами (Google Workspace, Microsoft 365);
5. Системы управления задачами (Jira, Wrike);
6. Регулярные ретроспективные встречи для анализа результатов.

Применение этих методов способствует сокращению времени на координацию, повышению ответственности участников, улучшению прозрачности процессов и снижению числа ошибок.

На практике успешность цифрового взаимодействия определяется несколькими факторами:

Четкая структура постановки задач: каждая задача фиксируется в системе управления проектами, имеет конкретного ответственного, сроки выполнения и критерии успеха.

Регулярные синхронизации: команды проводят ежедневные короткие совещания (до 15 минут), на которых обсуждаются текущий статус задач, выявляются препятствия и согласовываются дальнейшие действия.

Использование визуальных инструментов управления: Kanban-доски помогают всем участникам видеть распределение задач и их статус в реальном времени, что способствует оперативному реагированию на изменения. Прозрачная отчетность: промежуточные результаты фиксируются в электронных таблицах или системах мониторинга, что позволяет своевременно выявлять отклонения от плана. Формирование корпоративной цифровой культуры: важна мотивация сотрудников соблюдать правила цифрового взаимодействия, уважать регламенты онлайн-встреч и своевременно обновлять информацию о ходе выполнения задач.

Опыт ПАО «Сбербанк» показывает, что внедрение цифровой платформы для проектного управления и переход на ежедневные стендапы позволил сократить среднее время реализации проектов на 12%, а удовлетворенность участников проектных команд увеличилась на 18%.

В компании «Росатом» акцент сделан на применение принципов Agile и активное использование цифровых рабочих пространств. Пилотные проекты показали, что команды, работающие в единой цифровой среде и использующие Kanban-доски, демонстрируют повышение качества реализации проектов на 15%.

Кроме того, важно учитывать особенности цифрового взаимодействия в кросс-функциональных командах: необходимо заранее договариваться о правилах коммуникации, частоте отчетности и доступности членов команды, чтобы избежать недопонимания и затягивания сроков.

Цифровое взаимодействие является критическим фактором успеха проектной деятельности в дистанционном формате. Организация четких каналов коммуникации, использование современных платформ и систем управления задачами, регулярные встречи и контроль выполнения задач позволяют значительно повысить качество и скорость выполнения проектов. Внедрение цифровых методов способствует устойчивому развитию компаний в условиях цифровой экономики.

Список литературы

1. Чечевицына И.Д. Управление проектами в цифровую эпоху. – М.: ИНФРА-М, 2020.
2. Лапыгин А.В. Цифровизация управления человеческими ресурсами. Санкт-Петербург, 2021.
3. Мазур И.И., Шапиро В.Д. Управление проектами: учебник для вузов. – М.: Омега-Л, 2022.

4. Шапиро В.Д. Менеджмент качества в проектной деятельности. – М.: КНОРУС, 2019.
5. Румянцева Н.В. Цифровые технологии в управлении командами. // Управленческое консультирование. – 2021. – №5.
6. Смирнова Е.А. Особенности удаленного управления проектами. // Менеджмент в России и за рубежом. – 2020. – №6.
7. Воронова Л.А. Цифровые платформы для проектного менеджмента. – СПб.: БХВ-Петербург, 2020.
8. Орлова М.С. Риски дистанционного взаимодействия в проектной деятельности. // Управление проектами и программами. – 2022. – №2.

Рытикова В.Ю.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
Valot.dragon@gmail.com
Ларцева Т.А.
старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
quality.smis@mail.ru

АНАЛИЗ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОЦЕССУ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА, НАХОДЯЩЕГО В ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ РФ, ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ В ЕГО КОНСТРУКЦИЮ

Аннотация. Оценка транспортных средств после внесения изменений в их конструкцию является важной частью обеспечения безопасности дорожного движения и соответствия техническим регламентам. Несмотря на существующие методики, процесс оценки зачастую остается трудоемким и недостаточно стандартизированным, что приводит к задержкам и возможным ошибкам в принятии решений. В современных условиях наблюдается устойчивый рост количества изменений, вносимых в конструкцию транспортных средств, находящихся в эксплуатации на территории РФ. Это связано с необходимостью адаптации техники к новым условиям эксплуатации, требованиям безопасности. Однако внесение изменений в конструкцию без должной оценки может привести к снижению надежности транспортного средства, повышению аварийности и негативному воздействию на окружающую среду. Особую значимость проблема приобретает в связи с ужесточением регламентирующих документов и экологических норм, а также увеличением доли коммерческого и специализированного транспорта, подвергающегося частым модификациям, что создает риски для безопасности дорожного движения и затрудняет работу контролирующих органов. Анализ действующих методических подходов к оценке изменений конструкции позволит выявить возможные противоречия в нормативной базе и определить направления для совершенствования процедуры оценки. Это особенно важно для обеспечения безопасности дорожного движения и минимизации рисков, связанных с эксплуатацией модифицированных транспортных средств.

Ключевые слова: Оценка, Транспорт, Сертификация, ТР ТС 018/2011, ГОСТ 33670-2015.

Rytikova V.Y.
Student
Moscow Polytechnic University
Moscow, Russia
Valot.dragon@gmail.com
Lartseva T.A.
Senior Lecturer at the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
quality.smis@mail.ru

ANALYSIS OF LEGISLATIVE REQUIREMENTS FOR THE CONFORMITY ASSESSMENT PROCESS OF A VEHICLE IN OPERATION IN THE RUSSIAN FEDERATION AFTER MAKING CHANGES TO ITS DESIGN

Abstact. Evaluating vehicles after making changes to their design is an important part of ensuring road safety and compliance with technical regulations. Despite existing methodologies, the assessment process often remains time-consuming and insufficiently standardized, leading to delays and possible errors in decision-making. In modern conditions, there is a steady increase in the number of changes made to the design of vehicles in operation in the territory of the Russian Federation. This is due to the need to adapt the equipment to new operating conditions and safety requirements. However, making changes to the design without proper assessment can lead to a decrease in the reliability of the vehicle, an increase in accidents and a negative impact on the environment. The problem is becoming particularly important due to the tightening of regulatory documents and environmental standards, as well as an increase in the proportion of commercial and specialized vehicles undergoing frequent modifications, which creates risks for road safety and complicates the work of regulatory authorities. An analysis of current methodological approaches to evaluating design changes will identify possible contradictions in the regulatory framework and identify areas for improving the evaluation procedure. This is especially important to ensure road safety and minimize the risks associated with the operation of modified vehicles.

Keywords: Assessment, Transport, Certification, TR CU 018/2011, GOST 33670-2015.

В рамках исследования необходимо проанализировать действующие методики оценки транспортных средств после внесения изменений в их конструкцию, изучить нормативную базу, регулирующую данный процесс, и выявить ключевые критерии оценки. Особое внимание следует уделить исследованию влияния конструктивных изменений на безопасность, экологичность и эксплуатационные характеристики транспортных средств. Практическая значимость исследования заключается в возможности его применения органами технического надзора и испытательными лабораториями при проведении экспертиз.

Документы устанавливающие требования к процессу

Требования к процессу оценки транспортного средства после внесения изменений в его конструкцию регламентируются комплексом нормативно-правовых документов. Основополагающим является Технический регламент Таможенного союза 018/2011, устанавливающий базовые требования безопасности для колесных транспортных средств. Постановление Правительства РФ №413 от 2019 года детализирует правила внесения изменений в конструкцию эксплуатируемых транспортных средств и последующей проверки их соответствия требованиям технического регламента. Приказ Минэкономразвития №477 определяет порядок формирования реестра заключений предварительной экспертизы и протоколов проверки безопасности. Методические аспекты оценки регламентируются ГОСТ 33670-2015, содержащим методы экспертизы и испытаний единичных транспортных средств. Приказ №707 от 2020 года устанавливает критерии аккредитации организаций, осуществляющих оценку соответствия, и требования к подтверждающей документации [1,2,3,4]. Указанные нормативные акты образуют единую систему требований к процессу оценки модифицированных транспортных средств и будут рассмотрены далее.

Требования, предъявляемые к Испытательным лаборатории, проводящим проверку выполнения требований к единичным транспортным и проверку выполнения требований к транспортным средствам, находящимся в эксплуатации, в случае внесения изменений в их конструкцию

Согласно Приказу Минэкономразвития №707 от 26.10.2020, Испытательные лаборатории, проводящие проверку выполнения требований к единичным транспортным и проверку выполнения требований к транспортным средствам, находящимся в эксплуатации, в случае внесения изменений в их конструкцию обязаны иметь в штате квалифицированных экспертов с профильным образованием и опытом работы в области автотехнической экспертизы не менее 3 лет [3]. Персонал должен регулярно проходить повышение квалификации и быть аттестован на право проведения конкретных видов оценок.

Техническая база аккредитованного лица должна включать специализированное оборудование для проверки всех систем транспортного средства: тормозных характеристик, параметров рулевого управления, работы световых приборов, уровня вредных выбросов. Для испытаний используются сертифицированные стенды и измерительные приборы, прошедшие поверку.

Организация обязана разработать и внедрить систему менеджмента качества, охватывающую все этапы проведения экспертизы – от приема заявки до выдачи заключения. Процедуры проверки должны соответствовать методикам, утвержденным ГОСТ 33670-2015 [3]. Аккредитованное лицо несет ответственность за достоверность результатов и обязано хранить документацию по каждой проведенной экспертизе в течение 10 лет.

Деятельность таких организаций находится под контролем аккредитующего органа, который проводит регулярные инспекционные проверки для подтверждения их компетентности.

Требования Технического регламента Таможенного союза 018/2011 и ГОСТ 33670-2015

Технический регламент Таможенного союза 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» является ключевым нормативным документом, устанавливающим обязательные требования безопасности для колесных транспортных средств, находящихся в обращении на территории стран-участниц Таможенного союза. Регламент распространяется на все этапы жизненного цикла транспортного средства, включая период эксплуатации, и предусматривает особые требования к транспортным средствам, подвергшимся конструктивным изменениям [1].

Для транспортных средств, находящихся в эксплуатации, регламент устанавливает комплекс требований, обеспечивающих их безопасную эксплуатацию. Эти требования охватывают все основные системы транспортного средства: тормозную систему, рулевое управление, систему освещения и световой сигнализации, систему пассивной безопасности, экологические параметры [1]. Особое внимание уделяется сохранению первоначальных характеристик безопасности, заявленных производителем. Эксплуатируемое транспортное средство должно соответствовать требованиям по уровню вредных выбросов, шумности, тормозным характеристикам на протяжении всего срока службы.

Для транспортных средств с измененной конструкцией регламент предусматривает дифференцированный подход в зависимости от характера и масштаба внесенных изменений. Все модификации условно разделяются на три категории: незначительные (не влияющие на безопасность), значительные (требующие проверки отдельных систем) и существенные (требующие комплексной переоценки транспортного средства). К последним относятся изменения, затрагивающие: силовую установку (замена двигателя, изменение его характеристик); трансмиссию (модификация коробки передач, главной передачи); ходовую часть (изменение подвески, колесной формулы); несущую систему (переделка рамы или кузова); тормозную систему; рулевое управление; а также изменения массы или габаритных размеров более чем на 3% от исходных значений.

Для каждой категории изменений ГОСТ устанавливает конкретные процедуры проверки. Так, при замене двигателя требуется не только подтверждение его соответствия экологическим нормам текущего периода, но и проверка: совместимости с трансмиссией; влияния на нагрузку на оси; работоспособности системы охлаждения; соответствия крепежных элементов. Изменения в подвеске требуют испытаний на устойчивость и управляемость, включая

тесты на крен в повороте и поведение при экстренном маневрировании. Модификации тормозной системы подлежат полномасштабным испытаниям по методикам, аналогичным применяемым при сертификации новых транспортных средств.

Особое внимание уделяется изменениям, влияющим на пассивную безопасность. Переделки салона, замена сидений или элементов кузова должны подтверждаться расчетами или испытаниями на сохранение: целостности при фронтальном и боковом ударе; эффективности ремней безопасности и подушек безопасности; травмобезопасности элементов интерьера [4]. Данный тип проверки подтверждается специализированными расчетами или соответствием ранее выданному Одобрению типа транспортного средства.

Регламент требует, чтобы все изменения фиксировались в технической документации, а информация о них вносилась в электронные базы данных. Для существенных изменений предусмотрена выдача нового свидетельства о безопасности конструкции транспортного средства.

Регламент требует, чтобы после внесения изменений транспортное средство в обязательном порядке проходило процедуру подтверждения соответствия. Эта процедура включает проверку: устойчивости и управляемости; эффективности торможения; соответствия нормам по выбросам вредных веществ; работоспособности систем активной и пассивной безопасности. Особые требования предъявляются к изменениям, затрагивающим систему выпуска отработавших газов, тормозную систему и рулевое управление – такие модификации подлежат наиболее тщательной проверке.

Важным положением регламента и ГОСТ 33670-2015 является требование о сохранении идентификационных характеристик транспортного средства. Любые изменения VIN-номера, табличек изготовителя или других идентификационных знаков строго запрещены [4]. Для транспортных средств, подвергшихся значительным конструктивным изменениям, может потребоваться проведение повторных испытаний по аналогии с процедурой одобрения типа транспортного средства.

Требования, предъявляемые постановление Правительства РФ №413 от 2019

Постановление Правительства РФ №413 от 6 апреля 2019 года регламентирует порядок внесения изменений в конструкцию эксплуатируемых транспортных средств и процедуру подтверждения их соответствия требованиям безопасности. Документ устанавливает последовательную процедуру, включающую предварительную техническую экспертизу и проверку безопасности конструкции транспортного средства после внесения изменений в его конструкцию [2].

К заключению предварительной экспертизы предъявляются строгие требования. Оно должно содержать развернутое обоснование планируемых изменений с указанием конкретных узлов и систем, подлежащих модификации. В документе обязательно отражается прогнозируемое влияние изменений на эксплуатационные характеристики и безопасность транспортного средства, перечень необходимых испытаний и замеров.

Протокол проверки безопасности оформляется с указанием полных реквизитов аккредитованной организации и идентификационных данных транспортного средства. В документе подробно описываются проведенные испытания, использованные методики и оборудование с указанием сроков поверки измерительных приборов. Итоговые документы подтверждения соответствия должны быть четкими и недвусмысленными.

Для транспортных средств с газобаллонным оборудованием (ГБО) предусмотрены дополнительные специальные требования. Конструкция ГБО должна обеспечивать надежную защиту от механических повреждений и коррозии [2]. Места установки баллонов не должны снижать пассивную безопасность транспортного средства. Обязательна проверка наличия и работоспособности системы аварийного отключения подачи газа. Особое внимание уделяется герметичности всех соединений газовой магистрали, для чего проводятся обязательные испытания на герметичность.

Проведенное исследование законодательных требований оценки транспортных средств после внесения изменений в их конструкцию позволяет сделать следующие выводы. Существующая нормативно-правовая база, включающая Технический регламент Таможенного союза 018/2011, Постановление Правительства РФ №413 и ГОСТ 33670-2015, создает комплексную систему требований к процедуре оценки. Однако анализ выявил необходимость

дальнейшей проработки законодательных требований для повышения эффективности и прозрачности процесса сертификации.

Создание унифицированных подходов к оценке различных изменений конструкции транспортных средств позволит сократить временные затраты на проведение экспертиз при сохранении высокого уровня безопасности для пользователя. Требуется более четкая регламентация процедур проверки и регламентирования для разных типов модификаций, особенно в части оценки взрывоопасного оборудования и изменений конструкции.

Нынешние рамки законодательной нормы оставляют возможности для некачественного оказания услуг в отношении сертификации и проведении работ по изменению колесных транспортных средств. Особое значение имеет разработка предложений по совершенствованию и гармонизации нормативно-законодательной основы.

Список литературы

1. Технический регламент Таможенного союза 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств»: [утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 877]. – Введ. 2015-01-01. – URL: https://docs.cntd.ru/document/902320560 (дата обращения: 28.04.2025).

2. Об утверждении Правил внесения изменений в конструкцию находящихся в эксплуатации колесных транспортных средств и осуществления последующей проверки выполнения требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств»: постановление Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2019 г. № 413 – URL: https://docs.cntd.ru/document/552983477 (дата обращения: 28.04.2025).

3. Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации: приказ Минэкономразвити России от 26 окт. 2020 г. № 707 (ред. от 23.01.2023). – URL: https://docs.cntd.ru/document/573065522 (дата обращения: 28.04.2025).

4. ГОСТ 33670-2015. Автомобильные транспортные средства единичные. Методы экспертизы и испытаний для проведения оценки соответствия. Single road vehicles. Test methods for compliance assessment: Межгосударственный стандарт: дата введения 2017-04-01. / МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ (МГС) – Издание официальное – Стандартинформ, 2016. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200126577 (дата обращения: 28.04.2025).

Ильина М.Е.
к.т.н., доцент кафедры «Организация производства и управление качеством»,
РГАТУ имени П.А. Соловьева,
Россия, Рыбинск
maria_ilyina@mail.ru

ЦЕЛОСТНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Аннотация. В статье рассмотрено значение человеческого фактора в системе менеджмента качества (СМК) организации. Обоснована необходимость устойчивого развития человека как индивидуальной системы управления качеством. Предложена трехуровневая модель системы потребностей человека, состоящая из взаимосвязанных групп потребностей. Целостность человека обеспечивается связями между потребностями. Потребности организации аналогичны потребностям человека. Потребности человека систематизированы с учетом функций потребителя, исполнителя и руководителя в СМК и взаимодействий с экологической, экономической и социальной составляющими среды. Аналогично систематизированы

заинтересованные стороны организации и способы управления персоналом для достижения целей в области качества. Обоснованы различия между моделями достижения целей. Рассмотрение человека как целостного элемента СМК создает основу для устойчивого развития организаций и общества.

Ключевые слова: система управления качеством, потребности человека, целостность человека, заинтересованные стороны, управление персоналом, устойчивое развитие.

Ilyina M.E.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production Organization and Quality Management
RGATU named after P.A. Solovyov
Russia, Rybinsk
maria_ilyina@mail.ru

PERSON'S WHOLENESS IN THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM AS A BASIS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Abstact. The article examines the human factor importance in the organization quality management system (QMS). The necessity of sustainable person's development as an individual quality system is substantiated. The three-level person's needs system model is proposed, consisting of interrelated needs groups. Person's integrity is ensured by connections between the needs. Organization needs are similar to person's needs. Person's needs are systematized taking into account the consumer, implementer and manager functions in the QMS and interactions with environmental, economic and social components. Similarly, organization interested parties and personnel management ways of to achieve quality objectives are systematized. The differences between models of achieving objectives are substantiated. Person's wholeness in the quality management system creates the basis for the organizations and society sustainable development.

Keywords: quality management system, person's needs, person's wholeness, interested parties, personnel management, sustainable development.

Современный стандарт ГОСТ Р ИСО 9004 в области менеджмента качества рекомендует совершенствовать качество организации, делая ее способной к достижению устойчивого успеха. Это предполагает рассмотрение системы менеджмента качества (СМК) организации в контексте устойчивого развития сообществ. Понятие устойчивого развития включает в себя разумное удовлетворение экологических, экономических и социальных потребностей системы как на глобальном, так и на организационном уровне [1, пп. 3.1.2–3.1.4].

Устойчивое развитие организации требует разумного поведения всех ее членов. В то же время многие несоответствия в процессах СМК происходят по причинам, связанным с человеческим фактором, в том числе из-за необдуманных действий. С другой стороны, человеческий фактор (как интеллект, так и интуиция) играет важнейшую роль в творческом решении проблем в области качества продукции и услуг, например, с применением теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). Большое значение в формировании модели достижения целей имеет менталитет персонала организации, происходящий от мировоззрения людей, осмысления ими целей и смысла жизни (примером является японская модель управления качеством). В связи с этим человек должен рассматриваться как первичный элемент СМК организации, который может разумно выполнять необходимые функции в целях повышения качества продукции и услуг, улучшения качества своей жизни и самосовершенствования. Разумное удовлетворение человеком своих потребностей должно создавать основу для достижения всех этих целей в их системной взаимосвязи. Поэтому устойчивое развитие необходимо обеспечивать не только на организационном, но и на индивидуальном уровне. А потребности человека следует рассматривать во взаимосвязи с экологической, экономической и социальной составляющими системы качества организации и жизни общества в целом.

Для решения этой задачи была разработана трехуровневая модель системы потребностей человека во взаимосвязи функциями потребителя (осознание и удовлетворение потребностей),

руководителя (поиск и формулирование требований, оценивание этих требований и оценивание соответствия результатов деятельности требованиям) и исполнителя (деятельность, направленная на выполнение требований) [2]. Потребительский уровень включает в себя потребности личности, обусловливающие психологическое состояние человека (потребности в саморазвитии, самопознании, самореализации, самооценке и т. п.). Управленческий уровень состоит из потребностей, определяющих мировоззрение человека (потребности в отношении человека к источнику жизни и своих возможностей, смерти и вечности, красоте, истине, идеалу, вдохновению, любви, собственному достоинству). К исполнительскому уровню относятся группы потребностей, удовлетворяя которые человек взаимодействует с экологической, экономической и социальной составляющими окружающей среды. Каждый уровень потребностей делится на подсистемы, которые, как и уровни, связаны с функциями потребления, управления и исполнения. В таблице 1 представлены потребности исполнительского уровня, систематизированные с учетом функций потребителя, исполнителя и руководителя в системе управления качеством, а также взаимодействий с экологической, экономической и социальной составляющими среды.

Таблица 1

Группы потребностей исполнительского (базового) уровня

Подсистемы с функциями	Потребности, требующие взаимодействия со средой		
	экологической	экономической	социальной
потребителя	потребности в физическом комфорте	в безопасности (стабильности)	в социальном комфорте
исполнителя	в физическом развитии	в деятельности	престижные
руководителя	эстетические	познавательные	этические

Причинно-следственные связи между потребностями обеспечивают целостность системы. Изменение направления этих связей может приводить к деградации системы и разрушению личности.

Устойчивое развитие требует разумного взаимодействия организации с заинтересованными в ее деятельности государственными органами, организациями и физическими лицами. Согласно ГОСТ Р ИСО 9001 организация должна определять требования заинтересованных сторон, относящиеся к СМК. Эти стороны удовлетворяют свои потребности с помощью организации и способствуют удовлетворению ее потребностей. Если считать их аналогичными потребностям человека, то заинтересованные стороны можно систематизировать следующим образом (таблица 2). Сравнение с таблицей 1 показывает, что руководители различных уровней в организации занимают позицию, соответствующую удовлетворению ее эстетических потребностей, которые включают в себя потребности в гармонии, ритме и пропорциональности и могут быть названы потребностями в организованности среды.

Таблица 2

Заинтересованные в деятельности организации стороны

Функции в системе управления качеством	Субъекты среды		
	внутренней (обеспечивают существование организации)	экономической (увеличивают возможности)	социальной (влияют на принятие решений)
потребителя	конечные потребители	торговые организации и посредники	общество (общественные организации)
исполнителя	сотрудники организации	поставщики и инвесторы	конкуренты
руководителя	руководители организации	образовательные организации	органы государственного управления

Задачи и способы управления персоналом организации для достижения целей в области качества также можно систематизировать с учетом потребительских, исполнительских и управленческих функций, связанных с потребностями человека (таблица 3). Различные модели управления акцентируют внимание на разных задачах. Так, Ф. У. Тейлор, отделив управление от исполнения и запретив работникам применять их собственный опыт, рекомендовал материальное стимулирование для повышения производительности труда и тренировку в применении методов, разработанных менеджерами. Система Тейлора, положившая начало менеджменту, рассматривала работников только как исполнителей, разрушая целостность их индивидуальных систем управления качеством ради достижения экономических целей и ослабляя социальную составляющую качества жизни. А система адмирала Ф. Ф. Ушакова учитывала все три функции человека: 1) потребительскую – создание условий для сохранения жизни и здоровья подчиненных; 2) исполнительскую – регулярная профессиональная подготовка (тренировка); 3) управленческую – высокая нравственность и следование примеру командира [3]. Вообще, целостное восприятие человека можно считать особенностью российской модели управления. Оно всегда было характерно как для русской философской и религиозной мысли, так и для деятельности выдающихся предпринимателей прошлого.

Таблица 3

Задачи и способы управления персоналом в СМК организации

Задачи управления персоналом	Отношение руководства к исполнителю и среда		
	исполнитель-потребитель (экологическая)	исполнитель-исполнитель (экономическая)	исполнитель-руководитель (социальная)
хотеть сделать (потребитель)	комфортные условия	материальные стимулы	моральные стимулы
уметь сделать (исполнитель)	обучение на своем опыте	тренировка (навыки)	следование примерам лидеров
знать, что делать (руководитель)	знание образцов результатов	знание методов достижения результатов	знание целей и ограничений (этических, нравственных)

В результате особенности процессов СМК организации и применяемые методы зависят от функционирования индивидуальных систем управления качеством, которое определяется механизмами удовлетворения человеком своих потребностей (включая мировоззренческие) и связями между ними. Это создает различия в моделях СМК, обусловленные менталитетом. В связи с этим следует различать две модели достижения целей организации. Модель управления (однокоренное с «правильно» и др.) основана на достижении подобия эталону, в том числе примеру руководителя, являющегося образцом правильного поведения и качества работы. Она опирается на стандартизацию в широком смысле слова и характерна для отечественной традиции. Модель менеджмента (одно из значений англ. «manage» – «добиться») основана на применении методов мотивации как к исполнителям, так и к потребителям. В ней решающее значение имеет не качество (целостность) руководителя, а то, что́ он дает персоналу, поэтому руководитель может не быть образцом для подчиненных, а исполнители могут не знать или не разделять его целей.

Рассмотрение человека как исходного неделимого элемента системы управления качеством и его потребностей как системы позволяет сохранять его целостность. Именно целостная личность способна к принятию разумных решений в процессах управления качеством на своем уровне в организации. Такой подход способствует пониманию влияния менталитета людей на функционирование СМК и устойчивому развитию организаций и общества.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 37100–2018 Устойчивое развитие и адаптивность сообществ. Словарь. – М.: Стандартинформ, 2018. – 18 с.

2. Ильина, М. Е. Система потребностей человека как основа устойчивого развития / М. Е. Ильина // Актуальные вопросы устойчивого развития регионов, отраслей, предприятий: материалы Международной научно-практической конференции (23 декабря 2022 г.). В 4-х томах. Т. 2 / отв. ред. А. В. Воронин. – Тюмень: ТИУ, 2023. – С. 412–417.

3. Ушаков, И. Б. Святой адмирал Федор Ушаков и здоровье человека / И. Б. Ушаков. – М.: Изд-во «Научная книга», 2017. – 408 с.

Миронов Г.С.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
grishamironov2006@gmail.com
Пудовкин Д.Р.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
denispudovkin1@yandex.ru

УПРАВЛЕНИЕ ЗАТРАТАМИ НА УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Аннотация. В современной рыночной экономике качество продукции и услуг становится одним из подлинных конкурентных преимуществ и условием успешной деятельности предприятия. Следует иметь ввиду, однако, что управление качеством само по себе является значительной статьей расходов, которую необходимо учитывать, планировать и оптимизировать. Данная работа посвящена особенностям затрат на управление качеством, их структуре и влиянию на результативность организации, проведены анализ теоретических подходов к классификации и контролю затрат, рассмотрены их факторы и роль в системе менеджмента качества, обоснована актуальность разработки систем управления затратами на качество, даны примеры снижения затрат, которые могут быть внедрены без снижения результативности. Материал статьи может быть полезен студентам, изучающим основы управления качеством, а также специалистам, заинтересованным в рационализации расходов, связанных с поддержанием систем менеджмента качества.

Ключевые слова: управление качеством, затраты на управление качеством, система менеджмента качества, эффективность, стандарты ISO 9001, оптимизация затрат.

Mironov G.S.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
grishamironov2006@gmail.com
Pudovkin D.R.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
denispudovkin1@yandex.ru

QUALITY MANAGEMENT COST MANAGEMENT

Abstact. In a modern market economy, the quality of products and services is becoming one of the true competitive advantages and a prerequisite for the successful operation of an enterprise.

However, it should be borne in mind that quality management itself is a significant cost item that needs to be considered, planned and optimized. This work is devoted to the specifics of quality management costs, their structure and impact on the effectiveness of the organization, analyzes theoretical approaches to cost classification and control, examines their factors and role in the quality management system, substantiates the relevance of developing quality cost management systems, provides examples of cost reductions that can be implemented without reducing effectiveness. The material of the article can be useful for students studying the basics of quality management, as well as for specialists interested in rationalizing the costs associated with maintaining quality management systems.

Keywords: quality management, quality management costs, quality management system, efficiency, ISO 9001 standards, cost optimization.

С ростом требований к качеству продукции и услуг в глобальной экономике возрастает роль системного управления качеством. Современные предприятия стремятся внедрять стандарты ISO, повышать уровень подготовки персонала и автоматизировать процессы контроля. Вместе с тем, каждое мероприятие по управлению качеством требует вложений. Это формирует отдельную категорию – затраты на управление качеством, которые необходимо учитывать и оптимизировать для достижения устойчивой эффективности.

Большинство предприятий сталкиваются с ситуацией, когда расходы на контроль и обеспечение качества не анализируются отдельно, а воспринимаются как часть общих издержек. Это приводит к росту неэффективных расходов и снижению управляемости системы. Особенно актуально это в условиях ограниченного бюджета, когда необходимо достигать высокого уровня качества при минимальных затратах. Таким образом, вопрос управления затратами на управление качеством становится важным направлением стратегического планирования и операционного менеджмента.

Исследования в области затрат на качество активно развиваются с середины XX века. Классическая модель включает категории: затраты на предотвращение, оценку, внутренние и внешние потери качества (PAFV-модель). Однако затраты именно на управление качеством стали выделяться в рамках систем менеджмента, например ISO 9001:2015, где подчеркивается необходимость документирования, аудита, оценки рисков, постоянного улучшения и обучения персонала.

В научной литературе; Журавлев А.Ю. (2020), Столярова Н.М. (2018) подчеркивается, что управление этими затратами напрямую связано с экономической устойчивостью предприятия и требует интеграции с финансовыми и управленческими учетами.

Целью данной статьи является:

1. Определить состав и особенности затрат на управление качеством.
2. Выявить методы контроля и оптимизации таких затрат.
3. Предложить рекомендации по эффективному управлению этой категорией издержек без потери качества.

Затраты на управление качеством – это ресурсы, направленные на поддержание и развитие системы менеджмента качества, включая: затраты на разработку и внедрение стандартов, например ISO 9001, расходы на внутренние и внешние аудиты, обучение и повышение квалификации сотрудников по вопросам СМК, сертификацию продукции и процессов, документирование процессов и управление несоответствиями, внедрение цифровых решений в контроль качества.

В отличие от затрат на дефекты или возвраты продукции, эти расходы не связаны с браком, но их чрезмерность может привести к росту себестоимости и избыточной бюрократии.

На практике оптимизация затрат на управление качеством позволяет:

1. Снизить административную нагрузку,
2. Минимизировать дублирующие процессы,
3. Внедрить цифровые решения (например, электронный документооборот),
4. Увеличить вовлеченность персонала за счет адресного обучения.

Компании, регулярно анализирующие эти затраты, получают возможность перераспределить ресурсы в пользу мероприятий, реально повышающих результативность системы.

Для повышения эффективности управления затратами на качество целесообразно:

1. Ввести раздельный учет затрат по категориям СМК.
2. Регулярно проводить анализ соотношения затраты – эффект.
3. Использовать подходы бережливого производства, снижая излишние операции контроля.
4. Автоматизировать процессы аудита и отчетности.
5. Разрабатывать KPI для оценки эффективности СМК.

Такие меры позволяют добиться как сокращения затрат, так и повышения прозрачности работы всей системы качества.

Кроме того, важно учитывать, что цифровизация процессов управления качеством открывает новые возможности для мониторинга и оптимизации затрат. Современные ИТ-решения, такие как интеграция СМК с ERP-системами, использование аналитических панелей (dashboards) и прогнозной аналитики на базе ИИ, позволяют не только снижать затраты, но и более точно выявлять зоны риска и точки роста. Внедрение таких технологий требует начальных вложений, однако в долгосрочной перспективе обеспечивает устойчивый эффект за счёт автоматизации, прозрачности процессов и снижения человеческих ошибок.

Дополнительное внимание при управлении затратами на качество следует уделять человеческому фактору. Часто именно недостаточная вовлеченность персонала или сопротивление изменениям становятся причиной неэффективного использования ресурсов. Вовлечение сотрудников на ранних этапах планирования мероприятий по качеству, их участие в выявлении проблем и предложении решений способствует формированию культуры качества и сокращает необходимость внешнего контроля. Таким образом, инвестиции в развитие внутренней мотивации персонала могут заменить часть затрат на контрольные процедуры, не снижая эффективности системы.

Так как данная работа носит теоретический характер, экспериментальные данные заменены аналитическим обзором. Однако практический опыт предприятий, внедривших принципы lean-менеджмента и автоматизированного документооборота, показывает снижение затрат на управление качеством до 15% при сохранении или улучшении показателей продукции по данным компании «Lean Quality Systems», 2023 г.

Управление затратами на управление качеством является неотъемлемой частью эффективной производственной и управленческой деятельности. Эти затраты – неотделимая часть работы СМК и при разумном подходе не только окупаются, но и повышают конкурентоспособность организации. Современные компании должны рассматривать управление такими издержками как стратегический инструмент повышения общей эффективности и устойчивости.

Список литературы

1. Журавлев А.Ю. Управление затратами на качество. – М.: Экономика, 2020.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества – Требования.
3. Панов В.Г. Бюджетирование и управление затратами. – М.: Финансы и статистика, 2017.
4. Томова И.Н. Современные аспекты управления качеством. // Сервис Plus, 2019, №4.
5. Чечевица И.Г. Lean-подходы в управлении качеством. // Экономика и управление, 2021.
6. Литвинова И.В. Повышение эффективности СМК. // Инженерный журнал, 2020.
7. Савельева А.П. Методика оценки затрат на качество. – М.: Экономика, 2018.
8. Качество.EUP – российский портал о менеджменте качества https://quality.eup.ru/MATERIALY7/stagejapan.htm
9. Lean Quality Systems – материалы об оптимизации затрат через СМК и lean-подход: https://leanqualitysystems.com/

Лямин Б.М.
к.э.н., доцент Высшей школы сервиса и торговли,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
Lyamin_bm@spbstu.ru
Апальков С.В.
студент,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
apalkovsergey2001@mail.ru
Мищенко А.С.
студент,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
lexweek@yandex.ru

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. Статья посвящена исследованию роли инновационных технологий в обеспечении устойчивого развития предприятий. Рассматриваются три основные группы технологий: экологические, экономические и социальные, а также их влияние на повышение конкурентоспособности и эффективности бизнеса, формирование устойчивых производственных процессов. Экологические инновации помогают сократить углеродный след и улучшить энергоэффективность, экономические направлены на оптимизацию затрат и повышение производительности, а социальные технологии способствуют улучшению условий труда и развитию социальной ответственности бизнеса. В статье также отмечается, что внедрение инновационных технологий становится ключевым фактором для долгосрочного устойчивого развития предприятий. В результате проведенного анализа было выявлено, что инновационные технологии являются неотъемлемой частью стратегического подхода к устойчивому развитию бизнеса, способствуя его процветанию и укреплению позиций на рынке в условиях динамичного внешнего окружения.

Ключевые слова: инновационные технологии, управление качеством, устойчивое развитие, экологические инновации, экономические инновации, социальные инновации.

Lyamin B.M.
Candidate of Economics, Associate Professor at the Higher School of Service and Trade
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
Lyamin_bm@spbstu.ru
Apalkov S.V.
Student
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
apalkovsergey2001@mail.ru
Mishchenko A.S.
Student
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
lexweek@yandex.ru

INNOVATIVE TECHNOLOGIES AS A STRATEGIC TOOL FOR ENSURING SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE ENTERPRISE

Abstact. The article is dedicated to the study of the role of innovative technologies in ensuring the sustainable development of enterprises. It examines three main groups of technologies: ecological, economic, and social, and their impact on improving competitiveness, increasing business efficiency, and forming sustainable production processes. Ecological innovations help reduce the carbon footprint and improve energy efficiency, economic innovations focus on cost optimization and productivity enhancement, while social technologies contribute to improving working conditions and developing business social responsibility. The example of Tesla serves as an illustration of the successful integration of ecological and economic innovations, which leads to reduced production costs, strengthened competitive positions, and enhanced brand reputation. The article also emphasizes that the implementation of innovative technologies is a key factor not only for short-term efficiency but also for long-term sustainable growth of enterprises. The conclusion of the article confirms that innovative technologies are an integral part of the strategic approach to sustainable business development, contributing to its prosperity and strengthening its market position in the face of a dynamic external environment.

Keywords: Innovative technologies, quality management, sustainable development, ecological innovations, economic innovations, social innovations.

Современные тенденции предполагают непрерывное развитие технологий. В нынешних реалиях, устойчивое развитие является не только неотъемлемой частью совершенствования всего мира, но и важным аспектом функционирования организаций. В управлении качеством инновационные технологии играют ключевую роль в повышении эффективности процессов и достижении стратегических целей. Экологические, экономические и социальные инновации влияют на улучшение качества, снижение издержек и укрепление конкурентоспособности. Это напрямую соответствует основным стратегическим целям организаций: повышению рентабельности, соответствию ESG-стандартам, снижению операционных и экологических рисков, удержанию квалифицированного персонала, а также формированию устойчивого и привлекательного бренда.

Актуальность темы обусловлена возрастающим значением устойчивого развития для организаций в условиях глобализации и изменений внешней среды. В последнее десятилетие наблюдается активное внедрение инновационных технологий, направленных на улучшение качества и минимизацию воздействия на окружающую среду.

Целью данной работы является исследование инновационных технологий в управлении качеством на предприятиях, а также анализ их влияния на конкурентоспособность и устойчивое развитие. В частности, акцент сделан на экологических, экономических и социальных инновациях, их интеграции в бизнес-процессы и стратегическое управление качеством.

Под устойчивым развитием подразумевается стремление к достижению сбалансированного удовлетворения социально-экономических потребностей современного человечества, которое учитывает необходимость сохранения экологических, экономических и социальных ресурсов, обеспечивающих условия для полноценной жизнедеятельности будущих поколений. Таким образом, устойчивое развитие следует рассматривать как процесс, направленный на удовлетворение текущих социально-экономических потребностей, при условии сохранения природных, экономических и социальных ресурсов для обеспечения жизнедеятельности будущих поколений.

Устойчивое развитие должно реализовываться как на глобальном, так и на уровне отдельных организаций, становясь частью их стратегии управления качеством.

Под инновационными технологиями следует понимать не только результат технологического процесса, но также и принципиально новые или существенно усовершенствованные методы, инструменты, решения, которые направлены на эффективность процессов и достижение стратегических целей.

Далее перейдем к основным критериям устойчивого развития предприятия, которые приводились выше и будут рассмотрены в таблице 1.

Таблица 1

Критерии устойчивого развития предприятия и показатели результативности внедрения инновационных технологий

Направление устойчивости	Группа критериев	Содержание	Показатели результативности
Экономическая	Прибыльность	Способность предприятия формировать устойчивую прибыль и инвестиционный капитал	Чистая прибыль, рентабельность, EBITDA, ROI
	Конкурентоспособность	Устойчивость рыночных позиций, адаптивность к изменениям внешней среды	Доля рынка, рост выручки, индекс потребительской лояльности
	Эффективность использования ресурсов	Рациональное распределение материальных, трудовых и финансовых ресурсов	Оборачиваемость активов, производительность труда, себестоимость продукции
	Инновационный потенциал	Внедрение инновационных технологий	Количество внедренных инноваций, затраты на R&D (в % от выручки)
Экологическая	Экологический след	Уровень воздействия на окружающую среду: выбросы, потребление ресурсов, загрязнение	Объем выбросов CO_2, экологический рейтинг предприятия
	Минимизация отходов	Степень переработки, повторного использования и утилизации отходов	Доля перерабатываемых отходов, доходы от вторичной переработки
	Энергоэффективность	Снижение энергозатрат на единицу продукции, переход к возобновляемым источникам энергии	Энергоемкость продукции, снижение затрат на энергоресурсы
	Экологическая ответственность	Наличие экологической политики, соответствие стандарту ISO 14001	Наличие ESG-отчетности, участие в экологических проектах
Социальная	Социальная ответственность	Участие в социальных проектах	Число социальных проектов, оценка внешней репутации
	Вовлечённость персонала	Активное участие сотрудников в улучшении процессов	Индекс вовлеченности, уровень инициативности персонала
	Удовлетворённость заинтересованных сторон	Оценка удовлетворенности	Результаты внутренних и внешних опросов, текучесть кадров, лояльность клиентов
	Развитие человеческого капитала	Инвестиции в обучение, безопасность, карьерное развитие, безопасность и охрану труда	Количество внутренних повышений, количество обученных сотрудников, расходы на обучение

Таким образом, представленные критерии устойчивого развития охватывают три основных направления – экономические, экологические и социальные. Каждый из них отражает важнейшие аспекты стабильного функционирования и развития организаций в современ-

ных условиях. Экономические критерии делают акцент на финансовой устойчивости и инновационном развитии, экологические направлены на минимизацию отрицательного воздействия на окружающую среду, а социальные отражают уровень вовлеченности сотрудников и качество взаимодействия заинтересованных сторон. Совокупность учета данных критериев может позволить сформировать полноценную стратегию устойчивого развития, которая будет обеспечивать как текущую эффективность организации, так и долгосрочную конкурентоспособность.

Инновационные технологии, как фактор устойчивости, также принято классифицировать на экологические, экономические и социальные инновации. К экологическим инновациям следует относить ресурсосберегающие технологии, переход на возобновляемые источники энергии, разработку безотходных производственных процессов, совершенствование систем очистки. Экономические инновации направлены на повышение эффективности работы предприятия, сокращение издержек производства, увеличение производительности и адаптацию к изменяющимся условиям рынка. Социальные инновации применяются, основываясь на программах повышения квалификации сотрудников, организации безопасных трудовых условий, а также создании общественных инициатив. Это способствует увеличению лояльного отношения сотрудников и укреплении общественной репутации организации.

В таблице 2 рассмотрена подробная классификация инновационных технологий в области управления качеством.

Таблица 2

Классификация инновационных технологий в зависимости от их стратегического назначения

Группа технологий	Содержание
Экологические	Уменьшение экологического следа, контроль выбросов
Экономические	Оптимизация затрат, бережливое производство, Six Sigma
Социальные	Улучшение условий труда, корпоративная культура
Технологии цифровизации и автоматизации	Автоматизация контроля качества, индустрия 4.0
Организационные	Реинжиниринг бизнес-процессов, системы менеджмента качества, тотальное управление качеством
Технологии безопасности	Технологии риск-менеджмента, обеспечение промышленной безопасности, предотвращение дефектов
Маркетинговые	Ориентация на потребителя, технологии обратной связи, персонализация продукции под требования клиента
Логистические	Управление качеством поставок, отслеживание качества на всех этапах цепочки поставок
Энергетические	Энергоэффективные системы производства, энергоменеджмент, снижение затрат энергии при сохранении качества продукции
Образовательные	Обучение сотрудников, корпоративные программы развития компетенций в области качества, обмен знаниями

Таблица, приведенная выше, наглядно показывает разнообразие инновационных технологий, которые применяются в области управления качеством и которые являются основой для устойчивого развития предприятий. Таким образом, можно прийти к выводу о том, что инновационные технологии следует рассматривать не только как экологические, экономические и социальные, но также и более обширно. Устойчивость производства, снижение издержек, повышение социальной ответственности и этики в организации – все это необходимый комплекс для достижения максимальной эффективности в долгосрочной перспективе развития организации. Наглядным примером позитивного влияния от внедрения инновационных технологий следует рассмотреть компанию «Tesla». При проектировании автомобилей, данная организация активно внедряет экологические инновационные технологии. За

счет разработки и проектирования электромобилей, возобновляемых источников энергии, систем хранения энергии и энергоэффективного производства, организация стремится к минимизации углеродных выбросов потребителями при использовании производимой продукции. Это позволяет укреплять конкурентоспособность организации и повышать привлекательность бренда для общественности, благодаря акцентированию своей деятельности на экологической, а также социальной ответственности. Таким образом, Tesla не просто внедряет инновационные технологии, но и последовательно реализует стратегические цели: соответствие ESG-стандартам, снижение рисков, расширение рыночной доли и формирование имиджа организации-лидера в области устойчивых инноваций. Данный пример подтверждает то, что инновации экологического сектора в современном мире становятся одним из ключевых факторов устойчивого развития и обеспечивают долгосрочную эффективность работы предприятия.

Опираясь на все вышесказанное, можно прийти к выводу о том, что инновационные технологии являются одним из важнейших условий достижения устойчивого развития предприятий. Экологические, экономические, социальные и прочие инновационные технологии позволяют предприятиям повышать свою конкурентоспособность, противостоять вызовам современности, а также прогрессировать в долгосрочной перспективе.

Список литературы

1. Алферова Т. В., Третьякова Е. А. Устойчивое развитие социально-экономических систем: теоретические аспекты. – Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2013. – 168 с.

2. Инновации в системе устойчивого развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://studopedia.ru/1_62879_innovatsii-v-sisteme-ustoychivogo-razvitiya.html (дата обращения: 24.04.2025).

3. Инновации как фактор обеспечения устойчивого развития социально-экономических систем [Электронный ресурс] // КиберЛенинка. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsii-kak-faktor-obespecheniya-ustoychivogo-razvitiya-sotsialno-ekonomicheskih-sistem (дата обращения: 24.04.2025).

4. Качелкина О. А. Социальные инновации помогут улучшить жизнь общества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ria.ru/sn_opinion/20131111/975961429.html (дата обращения: 24.04.2025).

5. Колонтаевская И. Ф. Экологические инновации как фактор повышения качества жизни [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sibac.info/12482 (дата обращения: 24.04.2025).

6. Маргулян Я. А. (ред.). Социальные инновации в управлении человеческими ресурсами: монография. – СПб.: Изд-во СПбУТУиЭ, 2018. – 398 с.

7. Мельник Л. Г. (ред.). Основы устойчивого развития: учебное пособие. – Сумы: ИТД «университетская книга», 2005. – 654 с.

8. Сурикова Л. Социальные инновации: новые решения старых проблем в социальной сфере [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.pzi.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/pzi/EKOSOC_LV/Surikova_popularzin_raksts_SI_tulkojums.pdf (дата обращения: 24.04.2025).

9. Третьякова Е. А., Алферова Т. В. Совершенствование методического инструментария оценки устойчивого развития промышленных предприятий // Экономический анализ: теория и практика. – 2013. – № 45 (336). – С. 2–10.

10. Чумакова С. Е., Сиротина Н. А. Инновации – важнейший фактор устойчивого экономического роста [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://journaldiscussion.ru/publication.php?id=132 (дата обращения: 24.04.2025).

11. Земцова Л. В. Экологические инновации и устойчивое развитие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://pozdnyakov.tut.su/Seminar/a0102/a024.htm (дата обращения: 24.04.2025).

Колосова О.В.
д.т.н., профессор Высшей школы технологического предпринимательства
ПИШ «Цифровой инжиниринг»,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Россия, Санкт-Петербург
kolosova@yandex.ru
Цыцына А.Р.
аспирант,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
a.tsytsyna@yandex.ru

НОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ УЧЕТА ДИНАМИКИ ДОСТУПНОСТИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЕФИЦИТА РЕСУРСОВ

Аннотация. В статье проанализированы недостатки современных систем управления ресурсами (MRP, MRP II, ERP, APS), связанные с неспособностью учитывать динамику доступности ресурсов и точно прогнозировать их дефицит. Выявлены ключевые ограничения традиционных подходов: использование статических нормативов, отсутствие интеграции данных в реальном времени и низкий уровень автоматизации принятия решений. В качестве решения предлагается внедрение новых параметров, таких как коэффициент динамической доступности ресурсов, индекс вероятностного дефицита и интегральный показатель качества данных, которые позволяют повысить гибкость управления и точность прогнозирования. Уделено внимание методам их интеграции, включая вероятностные модели и алгоритмы машинного обучения. Практическая значимость исследования заключается в снижении простоев, оптимизации использования ресурсов и повышении качества производственных процессов. Перспективным направлением дальнейших разработок является внедрение предиктивной аналитики и цифровых двойников для динамического управления ресурсами.

Ключевые слова: управление ресурсами, планирование, прогнозирование дефицита, ERP, производственные процессы.

Kolosova O.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor of the Higher School of Technological Entrepreneurship, PISh «Digital Engineering»
GSTE Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
kolosova@yandex.ru
Tsytsyna A.R.
Postgraduate Student
Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
a.tsytsyna@yandex.ru

NEW PARAMETERS FOR CONSIDERING THE DYNAMICS OF AVAILABILITY AND FORECASTING RESOURCE SCARCITY

Abstact. The article analyses the shortcomings of modern resource management systems (MRP, MRP II, ERP, APS) associated with the inability to take into account the dynamics of resource availability and to forecast resource shortages accurately. The key limitations of traditional approaches are identified: the use of static norms, lack of real-time data integration and low level of automation of decision-making. As a solution, new parameters such as dynamic resource availability factor, probabilistic shortage index and integral data quality index are proposed to improve management flexibility and forecasting accuracy. Attention is paid to methods of their integration, including probabilistic models and machine learning algorithms. The practical significance of the re-

search is to reduce downtime, optimize the use of resources and improve the quality of production processes. A promising direction for further developments is the introduction of predictive analytics and digital twins for dynamic resource management.

Keywords: resource management, planning, forecasting shortages, ERP, production processes.

В условиях цифровизации и роста нестабильности внешней среды управление ресурсами промышленных предприятий требует гибких систем, способных обеспечивать высокое качество производственных процессов. Современные системы управления ресурсами, такие как MRP (Material Requirements Planning), MRP II, ERP (Enterprise Resource Planning) и APS (Advanced Planning and Scheduling), сталкиваются с ограничениями, связанными с недостаточным учетом динамики доступности ресурсов, слабыми возможностями прогнозирования дефицита и низкой автоматизацией принятия решений [1, 2, 3]. Это приводят к простоям, перерасходу ресурсов и снижению качества продукции.

Нерациональное использование ресурсов становится ключевым препятствием для обеспечения конкурентоспособности предприятий [4]. Системы MRP, MRP II и ERP, основанные на концепции планирования потребностей и ресурсов, обеспечивают всесторонний подход к управлению ресурсами и процессами на производстве. Однако они имеют ряд недостатков: MRP и MRP II используют статические нормативы, не учитывающие динамические изменения [1, 5], а ERP-системы не отражают реальное состояние производства и не поддерживают оперативное перепланирование [3, 6]. APS-системы, являясь улучшенной версией MRP II, учитывают загрузку мощностей и позволяют оперативно корректировать планы, но их эффективность снижается в условиях неопределенности и многономенклатурного производства [3, 4].

Методы прогнозирования в этих системах, такие как временные ряды, сглаживание и регрессия, обеспечивают точность в стабильных условиях, но не справляются с неопределенностью – теряют эффективность при выходе за рамки стандартных номенклатур [2]. Таким образом, существующие исследования подчеркивают необходимость новых подходов к управлению ресурсами.

Задача исследования – проанализировать недостатки современных систем управления ресурсами, выявить системные ограничения и предложить перечень новых параметров, которые обеспечат:

- гибкость управления в условиях нестабильности;
- точное прогнозирование дефицита ресурсов с использованием вероятностных моделей;
- автоматизацию принятия решений для оперативного реагирования;
- повышение качества производственных процессов за счет оптимизации использования ресурсов.

Традиционные методы прогнозирования, используемые в MRP и ERP, основаны на детерминированных моделях, которые неэффективны в условиях неопределенности [7]. Динамика доступности ресурсов (изменения в поставках, занятость оборудования и персонала) является критическим фактором для управления качеством. Например, задержка поставки сырья может остановить производственную линию, увеличивая брак и издержки. Существующие системы не учитывают реальное состояние ресурсов, полагаясь на статические планы [1]. ERP-системы, несмотря на интеграцию данных, не собирают информацию о текущем состоянии производства, что снижает их способность реагировать на изменения [6].

Для устранения выявленных пробелов предлагается перечень новых параметров, которые ранее не учитывались в системах управления ресурсами:

- Коэффициент динамической доступности ресурсов: показатель, отражающий доступность ресурсов с учетом вероятностных сценариев (например, 85% вероятность наличия материала через 3 дня). В отличие от статических нормативов MRP, этот параметр обеспечивает оперативную реакцию на изменения.
- Индекс вероятностного дефицита: метрика, оценивающая риск нехватки ресурсов на основе исторических данных и текущих трендов (например, 20% вероятность дефицита сы-

рья в ближайшие 7 дней). Этот параметр улучшает прогнозирование по сравнению с детерминированными моделями.

- Интегральный показатель качества данных: оценивает полноту и согласованность данных из разнородных источников, устраняя проблему разрозненности в ERP.
- Коэффициент автоматизации принятия решений: доля решений, принимаемых автоматически (например, 70% решений по перепланированию), что минимизирует ручное вмешательство.

Эти параметры могут быть интегрированы в систему управления ресурсами при помощи:

- Вероятностных моделей (например, байесовские сети или Монте-Карло) для расчета индекса дефицита.
- Машинного обучения для анализа динамики ресурсов и автоматизации решений
- Программного комплекса, объединяющего данные из различных систем управления производством для мониторинга в реальном времени.

Новые параметры повышают качество производственных процессов за счет оптимизации использования ресурсов и снижения простоев. Коэффициент динамической доступности позволяет оперативно корректировать планы, минимизируя сбои. Индекс дефицита обеспечивает проективное управление запасами, снижая затраты

В ходе анализа современных систем управления ресурсами (MRP, MRP II, ERP, APS), были выявлены ключевые недостатки, препятствующие гибкому управлению и снижающие качество производственных процессов. Предложенные новые параметры – коэффициент динамической доступности, индекс вероятностного дефицита, интегральный показатель качества данных и коэффициент автоматизации. Перспективы дальнейших исследований включают внедрение предиктивной аналитики на основе машинного обучения и апробацию параметров на реальных производствах для оценки их эффективности.

Список литературы

1. Васильева, Ю. В. Планирование производственных ресурсов (MRP II) и планирование потребностей предприятия (ERP) / Ю. В. Васильева // Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд. – 2015. – № 32. – С. 46-50. – EDN TPYRBX.

2. Майрансаев, З. Р. Планирование производственных потребностей в условиях неопределенности / З. Р. Майрансаев, Г. С. Лапинский // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 5(106). – С. 238-241. – EDN MGWBCB.

3. Титова, Л. А. Планирование работ на предприятии с использованием erp и aps систем / Л. А. Титова, Л. Е. Черняева, Е. А. Бударина // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2010. – Т. 6, № 12. – С. 170-172. – EDN NCHOKD.

4. Русских, П. А. Мультиагентная модель многономенклатурного мелкосерийного производства / П. А. Русских, Д. В. Капулин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 69-80. – DOI 10.14529/ctcr210406. – EDN ZNPJCG.

5. Овчарова, А. А. Планирование ресурсов производства как фактор повышения эффективности деятельности предприятия / А. А. Овчарова, Е. А. Сердюкова // Актуальные проблемы развития современной экономики: Сборник тезисов студентов и магистров III межвузовской студенческой научно-теоретической конференции. – 2016. – С. 219-225. – EDN XFFKBP.

6. Голубовская, А. С. Особенности систем планирования ресурсов предприятия / А. С. Голубовская, Е. В. Ерохина // Тенденции развития науки и образования. – 2019. – № 57-4. – С. 85-88. – DOI 10.18411/lj-12-2019-81. – EDN EOIOVX.

7. 1cbit: Планирование ресурсов в 1С:ERP. [Электронный ресурс]. URL: https://www.1cbit.ru/blog/planirovanie-resursov-v-1s-erp/ (Дата обращения: 29.04.2025)

Янушевская М.Н.
доцент кафедры УИ,
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
Россия, Томск
ymn@2i.tusur.ru
Ахмадеева К.Д.
студент,
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
Россия, Томск
kari14na2002@gmail.com
Рачев А.С.
студент,
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
Россия, Томск
sasha.rachev@list.ru
Кошляк В.О.
студент
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Россия, Томск
koshlyak.2004@mail.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ИНСТИТУТА ИННОВАТИКИ ТУСУР

Аннотация. Статья посвящена анализу проблем и перспектив развития системы менеджмента качества (СМК) Института инноватики Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), сертифицированной по международному стандарту ISO 9001:2015. В статье рассматриваются актуальные проблемы, которые в рамках СМК решают руководители процессов. Рассмотрена структура и функционирование СМК, включая управляющие, основные и обеспечивающие процессы. В статье представлена графическая модель процессов СМК ИИ ТУСУР, описана документационная база системы (Политика в области качества, Руководство по качеству, процедуры, инструкции), а также механизмы контроля и совершенствования образовательной деятельности. Подчеркивается роль руководства института в постоянном улучшении СМК и достижении стратегических целей организации. В статье обозначены дальнейшие возможные перспективные направления развития системы менеджмента качества Института инноватики ТУСУР.

Ключевые слова: проблемы развития, система менеджмента качества, процессы, перспективы, дистанционное обучение, образовательные программы.

Yanushevskaya M.N.
Associate Professor of the Department of UI
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics
Russia, Tomsk
ymn@2i.tusur.ru
Akhmadeeva K.D.
Student
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics
Russia, Tomsk
kari14na2002@gmail.com
Rachev A.S.
Student
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics
Russia, Tomsk
sasha.rachev@list.ru

Koshlyak V.O.
Student
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics
Russia, Tomsk
koshlyak.2004@mail.

CHALLENGES AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM AT THE INSTITUTE OF INNOVATICS, TUSUR

Abstract. The article analyzes the challenges and prospects for the development of the Quality Management System (QMS) at the Institute of Innovatics of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics (TUSUR), certified according to the international standard ISO 9001:2015. The article examines current issues addressed by process managers within the QMS framework. The structure and functioning of the QMS are discussed, including management, core, and supporting processes. The article presents a graphical model of the QMS processes at the Institute of Innovatics, TUSUR, and describes the system's documentation (Quality Policy, Quality Manual, procedures, and instructions), as well as mechanisms for monitoring and improving educational activities. The role of the institute's leadership in the continuous improvement of the QMS and the achievement of strategic organizational goals is emphasized. The article outlines potential future directions for the development of the Quality Management System at the Institute of Innovatics, TUSUR.

Keywords: development challenges, quality management system, processes, prospects, distance learning, educational programs.

На современном этапе развития систем менеджмента качества образовательных организаций учёные и практики выделяют ряд проблемных вопросов, над которыми необходимо задуматься и предложить решения [1-2]:

1. Как обеспечить устойчивое и сбалансированное развитие систем менеджмента качества образовательных организаций в условиях санкций и мирового финансового и эмоционального кризиса?

2. Какими новейшими, инновационными средствами и методами управления качеством, в условиях неопределённости и сложности внешней среды, повышать качество образовательных программ, мотивировать и вдохновлять на качественный труд студентов, сотрудников высших учебных заведений?

3. Как грамотно выстроить работу со всеми заинтересованными сторонами в работе образовательной организации: студентами и их родителями, работодателями, преподавателями, сотрудниками всех служб университета, технологическими партнёрами?

Системы менеджмента качества образовательных организаций с конца 90-х годов XX века стали разрабатываться и внедряться на основе международных стандартов ISO 9000. В начале XXI века была предложена инициативной группой при Министерстве образования и науки типовая модель системы качества образовательного учреждения [3]. Данная модель активно внедрялась в вузах нашей страны с 2006 по 2015 гг. и показала высокую результативность и конкурентоспособность по сравнению с европейской моделью СМК.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники известен своими передовыми разработками в области технологий, управления и инноваций. Одним из ключевых подразделений вуза является Институт инноватики, который представляет собой уникальное учебно-научно-инновационное пространство. В своей деятельности сотрудники Института инноватики руководствуются принципами менеджмента качества. В Институте инноватики (далее – ИИ) внедрена и поддерживается в рабочем, актуальном состоянии система менеджмента качества, соответствующая требованиям международного стандарта ISO 9001:2015 и гарантирует, что все процессы в институте – от разработки образовательных программ до их реализации поддерживаются на высоком уровне качества.

Лидеры ИИ (директор, уполномоченный по качеству и руководители процессов) берут на себя обязательства по постоянному совершенствованию системы менеджмента качества и созданию условий для достижения стратегических целей организации.

Областью применения СМК ИИ является оказание образовательных услуг в сфере высшего и дополнительного профессионального образования, в том числе с применением дистанционных образовательных технологий. СМК ИИ применяется для обеспечения соответствия предоставляемых образовательных услуг установленным требованиям, а также для постоянного улучшения образовательной деятельности ИИ в целях повышения удовлетворенности: студентов и других потребителей образовательных услуг ИИ ТУСУР; персонала ИИ и привлекаемых специалистов; технологических партнеров и других заинтересованных сторон [4].

СМК ИИ состоит из процессов: управления, основных и обеспечивающих. Графическая модель процессов представлена на рисунке.

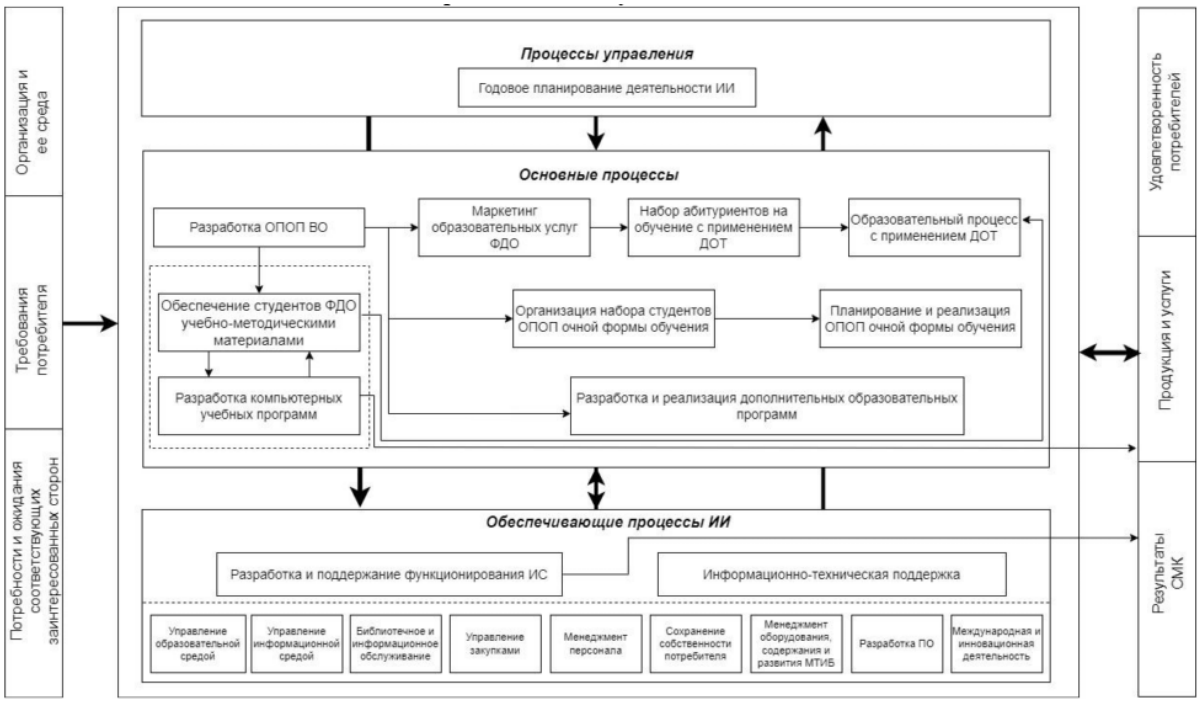


Рис. Модель процессов ИИ ТУСУР

Рассмотрим примеры процессов СМК ИИ.

Процесс управления: годовое планирование деятельности ИИ, главное назначение процесса постановка целей в области качества на год и контроль выполнения в текущем году, цели формулируются по процессам ИИ.

Основные процессы: разработка ОПОП ВО, маркетинг образовательных услуг ФДО, набор абитуриентов на обучение с применением ДОТ, образовательный процесс с применением ДОТ и другие.

Обеспечивающие процессы: разработка и поддержание функционирования информационных систем, информационно-техническая поддержка.

Документация СМК ИИ ТУСУР состоит из стратегических и оперативных документов. Приведём примеры документов СМК.

1. Политика в области качества: определяет стратегические цели в сфере качества образования и управления ИИ; отражает принципы системы менеджмента качества.

2. Руководство по качеству: основной документ, описывающий структуру СМК, распределение ответственности и взаимодействие процессов; включает ссылки на процедуры, рабочие инструкции и другие документы системы [5].

3. Документированные процедуры СМК: управление рисками и внутренние аудиты, и корректирующие действия; определяют алгоритмы работы с данными направлениями деятельности.

4. Инструкции на процессы: оперативные документы, которые стандартизируют и регламентируют процессы СМК.

5. Записи по качеству: годовые планы по улучшению СМК, отчеты о внутренних аудитах, записи о несоответствиях, журналы анализа претензий потребителей, анализ СМК со стороны руководства.

Одним из инновационных процессов, включённых в СМК ИИ является процесс «Разработка компьютерных учебных программ», он представляет собой структурированный процесс, направленный на создание комплексных учебно-методических материалов для студентов факультета дистанционного обучения (далее – ФДО). Целью процесса является описание деятельности по созданию компьютерных учебных программ для студентов ФДО ТУСУР. Процесс состоит из подпроцессов, например, создание компьютерных экзаменов и контрольных работ; верстка текстовых компонентов учебно-методических комплексов для студентов, обучающихся дистанционно; создание online-курсов для студентов очной формы обучения. Специфика процесса отражена в документе – инструкция на процесс, которая разработана руководителем и сотрудниками, отвечающими за функционирование процесса [6].

Система менеджмента качества ИИ постоянно совершенствуется и на период до 2030 года руководством института определены основные направления развития СМК:

Разработка проекта интегрированной системы менеджмента качества ИИ.

Создание базы знаний в области систем и инструментов качественного менеджмента.

Методическая и информационная поддержка направления внутренние аудиты для сотрудников и студентов-стажёров ИИ.

Планирование и проведение самооценки ИИ по критериям Премии Правительства в области качества.

Подготовка к проведению ресертификационного аудита в 2027 г.

Система менеджмента качества ИИ помогает достичь повышения конкурентоспособности, задаёт чёткие правила функционирования процессов, настраивает на постоянную оценку среды и контекста организации, выявления уровня удовлетворённости студентов и сотрудников института, на развитие и совершенствование процессов, идентификацию, оценку и управление рисками в процессах СМК ИИ.

Список литературы

1. Счастливых А.А. Понятие менеджмента качества профессионального образования в современных условиях// Теория и практика современной науки. 2021. № 7 (73). С. 188-192.

2. Лаврентьев С.Ю., Ахметов Л.Г., Крылов Д.А. Анализ методов управления качеством подготовки студентов вуза // Вестник Марийского государственного университета. 2024. № 2 (46). С. 182-190.

3. Методические рекомендации по внедрению типовой модели системы качества образовательного учреждения. ЛЭТИ: официальный документ. URL: http://sko.osu.ru/docs/rekomend_po_vnedr.pdf (дата обращения: 10.05.2025).

4. Институт Инноватики (ИИ) [Электронный ресурс] // Официальный сайт Томского государственного университета. Систем управления и радиоэлектроники URL: https://tusur.ru/ru/o-tusure/struktura-i-organy-upravleniya/departament-obrazovaniya/institut-innovatiki-ii (дата обращения: 20.04.2025).

5. СМК ИИ ТУСУР. Руководство по качеству. Томск: Изд-во: ТУСУР, 2025. 23 с.

6. Разработка компьютерных учебных программ. Томск: Изд-во: ТУСУР, 2025. 11 с.

Чернова Т.Г.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
Chernova-76@mail.ru
Матвеев К.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
mka75@bk.ru

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЗАКУПАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ: ПОДХОДЫ И КРИТЕРИИ

Аннотация. Стремительное развитие экономики требует от предприятий повышения уровня ответственности за качество приобретаемых товаров и услуг. Оценка качества закупаемой продукции играет ключевую роль в обеспечении эффективности закупочной деятельности и формировании стратегии устойчивого развития компаний. В статье акцентируется внимание на важности комплексного подхода к контролю качества, включающего интеграцию национальных и международных стандартов (ГОСТ, ISO) [2, 4], а также балансирование технических характеристик продукции с потребностями конечного потребителя. Особое значение уделяется таким критериям, как соответствие нормам, логистическая эффективность поставок и репутация контрагентов [3]. Полученные выводы подчеркивают, что продуманная система оценки качества снижает риски неэффективных закупок и повышает конкурентоспособность организаций [5].

Ключевые слова: оценка качества, закупки, нормативные стандарты, логистика, репутация поставщиков, ERP-системы, принципы устойчивого развития (ESG).

Chernova T.G.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Chernova-76@mail.ru
Matveev K.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
mka75@bk.ru

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF PURCHASED PRODUCTS: APPROACHES AND CRITERIA

Abstract. The article highlights the importance of assessing the quality of purchased products for ensuring effective procurement processes and sustainable development of enterprises. The focus is on a systematic approach, integration of international standards (GOST, ISO) [2, 4], and balancing technical requirements with consumer expectations. Key assessment criteria are analyzed, including compliance with regulations, logistics efficiency, and supplier reputation [3]. The study results demonstrate that comprehensive quality evaluation helps minimize risks and enhance business competitiveness [5].

Keywords: quality assessment, purchasing activity, regulatory standards, logistics efficiency, supplier reputation, ERP systems, ESG criteria, sustainable development.

Эффективность закупочной деятельности оказывает значительное влияние на общий успех предприятия. Качество закупаемой продукции непосредственно влияет на удовлетворение потребностей покупателей, производительность производственного процесса и финан-

совые показатели организации. Сегодняшняя глобальная конкуренция, рост числа регламентов безопасности и ужесточение экологических требований делают внедрение четких процедур контроля качества необходимым условием успешной коммерческой деятельности. Эффективная оценка качества закупаемого товара обеспечивает снижение затрат, улучшение надежности цепей поставок и повышение общего уровня корпоративной устойчивости [1, 4].

Ключевые критерии оценки качества закупаемой продукции

1. Соответствие нормативным требованиям

Первым важнейшим критерием выступает соблюдение установленных законодательных и отраслевых стандартов. Нормативные акты и технические регламенты определяют требования к качеству продукции, обеспечивая её безопасность и надёжность. Сертификаты соответствия ГОСТ и международные стандарты серии ISO являются обязательными элементами качественной системы закупок. Регулярное проведение лабораторных исследований служит дополнительным гарантом стабильности поставляемой продукции [2, 4].

2. Логистическая эффективность

Второй важный аспект заключается в анализе логистической составляющей процесса закупок. Своевременность доставки материалов, оптимизация транспортных маршрутов и минимальные затраты на транспортировку имеют решающее значение для успешного ведения бизнеса. Надежные партнеры обеспечивают предсказуемость поставок, снижая риск возникновения дефицита ресурсов и позволяя планировать производственный процесс эффективно [3].

3. Репутация поставщиков

Выбор надежных поставщиков является одним из ключевых факторов успеха любого бизнеса. Важнейшими показателями здесь выступают опыт взаимодействия с поставщиком, наличие положительной истории исполнения контрактов, оперативность реагирования на возникающие проблемы и готовность поддерживать партнерские отношения даже в сложных экономических ситуациях. Применение специализированных инструментов анализа деловой репутации (например, рейтинги Moody's или Fitch Ratings) помогает снизить риски некачественных поставок и финансовых потерь [5].

Управление качеством должно носить систематический характер и включать ряд конкретных мероприятий:

Создание базы данных поставщиков. Важно регулярно собирать и анализировать данные о поставщиках, оценивая их квалификацию, опыт работы, историю поставок и финансовую устойчивость. Постоянное обновление такой базы гарантирует получение своевременной и точной информации для принятия управленческих решений.

Автоматизация процессов посредством ERP-систем. Современные технологии помогают автоматизировать процессы оценки качества, упростив обработку больших объемов данных и ускоряя принятие решений. Интегрированные информационные системы (ERP) облегчают контроль над всей цепочкой поставок, отслеживание показателей качества и управление контрактами.

Постоянное совершенствование внутренних стандартов качества. Необходимо своевременно обновлять внутренние нормы и правила, учитывая изменения законодательства и новых технологий производства. Регулярные аудиты способствуют выявлению слабых мест и разработке мер по улучшению ситуации.

Кроме того, рекомендуется использование рейтинговых методов и сравнительного анализа для выбора лучших поставщиков. Таким образом, внедрив эффективные процедуры мониторинга и анализа, предприятие сможет минимизировать вероятность ошибок и повысить свою общую конкурентоспособность.

Анализ зарубежного опыта показывает преимущества интегрированного подхода к вопросам качества. Многие крупные европейские и американские корпорации применяют принцип ESG (Environmental, Social, Governance), учитывающий экологические, социальные и управленческие факторы при принятии решения о закупке. Использование таких критериев улучшает имидж компании и укрепляет доверие инвесторов и общественности.

Также важно отметить важность сертификации по международным стандартам ISO 9001, обеспечивающим признание качества продукции на международном уровне. Такой подход существенно расширяет возможности компании на мировом рынке и формирует основу для эффективного управления ресурсами.

Подход к оценке качества закупаемой продукции представляет собой сложную многогранную задачу, требующую сбалансированности технических требований, экономической целесообразности и ориентации на нужды клиента. Качественная система оценки способна обеспечить эффективное распределение ресурсов, сократить потери и увеличить прибыльность бизнеса. Комплексное внедрение современных подходов, включая цифровизацию процессов, регулярное обучение сотрудников и учет международной практики, позволит компаниям уверенно двигаться вперед в условиях динамично меняющегося мира.

Список литературы

1. Сергеева С.А. Управление качеством в сфере закупок на основе статистического анализа // Fundamental Research. 2016.

2. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия.

3. Рубина К.А., Ткачук В.А. Системный подход к управлению качеством продукции // Управление в производственных системах. 2023.

4. Федеральный закон «О техническом регулировании» № 184-ФЗ.

5. Зуев Д. Методы оценки качества продукции // Коммерческий директор. 2023.

Секция 8
НАУЧНЫЙ ДЕБЮТ

Жебоноева К.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
xeboor@gmail.com
Аллагулова В.О.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
veronikaallagulova06@mail.ru
Савостикова О.Г.
старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва,
ogsavostik@mail.ru

СТАНДАРТИЗАЦИЯ НАНООБЪЕКТОВ

Аннотация. Статья посвящена важности стандартизации нанообъектов – очень маленьких материалов, размером от 1 до 100 нанометров, которые обладают уникальными свойствами. Сегодня такие материалы применяются в самых разных сферах: медицине, электронике, энергетике, экологии и многих других. Из-за их широкого использования требуется разработка четких правил и стандартов, чтобы гарантировать безопасность, качество и эффективность продукции с наноматериалами. В России стандартизация активно развивается с начала 2000-х годов. В статье рассматриваются несколько ключевых российских стандартов, которые определяют методы испытаний, требования к безопасности и правила использования наноматериалов. Также подчеркивается важность дальнейшего развития стандартов, чтобы не отставать от научного прогресса, защищать здоровье людей, сохранять окружающую среду и стимулировать инновации. Стандартизация позволяет повысить доверие к продуктам и облегчает выход отечественных производителей на международные рынки.

Ключевые слова: нанообъекты, стандарты, применение наноматериалов, свойства и характеристика наноматериалов.

Zhebonoeva K.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
xeboor@gmail.com
Allagulova V.O.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
veronikaallagulova06@mail.ru
Savostikova O.G.
Senior Lecturer of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ogsavostik@mail.ru

STANDARDIZATION OF NANO-OBJECTS

Abstact. The article is devoted to the importance of standardization of nano-objects – very small materials, ranging in size from 1 to 100 nanometers, which have unique properties. Today, such materials are used in a wide range of areas: medicine, electronics, energy, ecology, and many others. Due to their widespread use, it is necessary to develop clear rules and standards to guarantee the safety, quality, and efficiency of products with nanomaterials. In Russia, standardization has been actively developing since the early 2000s. The article examines several key Russian standards that define testing methods, safety requirements, and rules for the use of nanomaterials. It also emphasizes the importance of further development of standards in order to keep up with scientific progress, protect human health, preserve the environment, and stimulate innovation. Standardization increases confidence in products and facilitates the entry of domestic manufacturers into international markets.

Keywords: nano-objects, standards, application of nanomaterials, properties and characteristics of nanomaterials.

Актуальность темы связана с растущим использованием наноматериалов в различных отраслях, что требует разработки четких стандартов для оценки их безопасности, дефективности и качества. Это способствует более эффективной интеграции нанообъектов в производстве.

Нанообъекты – это очень маленькие частицы или структуры, их размеры находятся в пределах от 1 до 100 нанометров (нанометр – это в миллион раз меньше миллиметра). На таком крошечном уровне материалы начинают вести себя совсем по-другому: у них появляются особые физические, химические и биологические свойства, которые не встречаются у обычных, больших объектов. Одна из главных особенностей нанообъектов – это то, что из-за их маленького размера у них очень большая поверхность по сравнению с их объемом. Это приводит к появлению новых возможностей и необычных эффектов.

Благодаря своим уникальным свойствам нанообъекты находят применение во многих областях: в медицине, электронике, энергетике, экологии и других. Но из-за роста интереса к наноматериалам становится всё важнее создавать общие правила и стандарты. Они нужны для того, чтобы продукция с наночастицами была безопасной, качественной и эффективно выполняла свои функции.

Нанообъекты находят применение во многих отраслях, и их стандартизация важна для обеспечения безопасности и качества продукции. Наиболее значимые области использования нанотехнологий включают:

- электроника и фотоника (например, транзисторы, лазеры, сенсоры, солнечные батареи);
- информационные технологии (сверхплотная запись данных, суперкомпьютеры, видеотехника);
- медицина и фармацевтика (целевая доставка лекарств, диагностика, создание искусственных органов);
- энергетика (топливные элементы, системы хранения энергии);
- экология и безопасность (контроль окружающей среды, сельское хозяйство, производство продуктов питания);
- авиация, космос и оборона [4].

В России вопрос стандартизации наноматериалов стал актуален с начала 2000-х годов, когда началось активное развитие нанотехнологий. Стандарты служат основой для обеспечения безопасности, качества и эффективности наноматериалов. Они охватывают различные аспекты, включая методы испытаний, характеристики наноматериалов и требования к их производству.

В рамках исследования были рассмотрены несколько российских стандартов, регулирующих работу с наноматериалами:

1. ГОСТ ISO/TS 80004-2-2017 посвящён терминологии и классификации нанообъектов. Он упорядочивает основные понятия в сфере нанотехнологий и служит базой для создания более специализированных нормативных документов.

2. ГОСТ Р 70063.1-2022 (ИСО 21083-1:2018) устанавливает методы оценки эффективности фильтрующих материалов при улавливании наночастиц размером от 20 до 500 нанометров. Стандарт применяется в системах очистки воздуха, воды и других сред для повышения уровня экологической и промышленной безопасности.

3. ГОСТ Р 59669-2021 описывает методики оценки воздействия наночастиц и их скоплений на кожные покровы человека. Документ основан на исследовательских данных и направлен на снижение профессиональных рисков при работе с наноматериалами.

Стандарты обеспечивают качество и безопасность наноматериалов, повышают прозрачность рынка, способствуют инновациям и защите интересов потребителей. Они облегчают выход производителей на международные рынки, где уже учитываются особенности наноматериалов. Однако в России отсутствует комплексный подход к их применению и обновлению. Необходимо наладить диалог между учёными, производителями и регуляторами для создания более детализированных стандартов. Также важно активное участие России в международных инициативах по разработке унифицированных стандартов, чтобы эффективнее отвечать на глобальные вызовы.

Стандарты, связанные с наноматериалами, оказывают значительное влияние на жизнь человека в различных аспектах, включая здоровье, безопасность, экологию и развитие технологий. Рассмотрим основные направления воздействия этих стандартов:

1. Здоровье и безопасность:

Стандарты помогают определить безопасные уровни экспозиции наноматериалов для работников и потребителей, что минимизирует риск возникновения заболеваний и других негативных последствий для здоровья. Регламентация использования наноматериалов в косметике, медицинских препаратах и других продуктах повседневного потребления обеспечивает защиту здоровья людей.

2. Экологические аспекты:

Стандарты требуют оценки воздействия наноматериалов на окружающую среду, что способствует более устойчивому использованию ресурсов и снижению негативного воздействия на экосистемы. Разработка норм и требований к утилизации наноматериалов помогает предотвратить загрязнение почвы и водоемов.

3. Инновации и экономика:

Стандарты стимулируют исследования и разработки в области нанотехнологий, способствуя созданию новых продуктов и услуг, которые могут улучшить качество жизни (например, более эффективные лекарства, новые материалы для строительства, электроники и других отраслей). Установленные стандарты могут повысить конкурентоспособность предприятий, работающих с наноматериалами, так как они обеспечивают доверие потребителей и инвесторов.

Таким образом, стандарты, связанные с наноматериалами, играют важную роль в обеспечении безопасности, защиты окружающей среды и поддержки устойчивого развития, влияя на различные аспекты жизни человека.

В результате проведенного исследования мы выяснили, что разработка и внедрение стандартов в области наноматериалов – это необходимый шаг к безопасному и эффективному использованию этих технологий. Существующие российские стандарты помогают формировать правовую и нормативную базу, однако для достижения наилучших результатов требуется дальнейшее развитие и адаптация стандартов к быстро меняющемуся научно-техническому прогрессу. Стандартизация наноматериалов в России не только поможет улучшить качество продукции, но и создаст благоприятные условия для развития отечественной науки и промышленности.

Список литературы

1. Союнов М. Использование нанотехнологий в химии: синтез и свойства наночастиц, их применение в медицине, экологии и промышленности URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-nanotehnologiy-v-himii-sintez-i-svoystva-nanochastits-ih-primenenie-v-meditsine-ekologii-i-promyshlennosti/viewer

2. Белов Н. С. Нанопленки и нанопроволки URL: https://scienceforum.ru/2018/article/2018009661
3. Нанокомпозиты: преимущества и применение URL: https://panor.ru/articles/nanokompozity-preimushchestva-i-primenenie/16244.html#
4. РИА Новости. Нанотехнологии и области их применения. Справка URL: https://ria.ru/20081203/156376525.html

Левченко А.А.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
naslev1604@gmail.com

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ В ПРОИЗВОДСТВЕ РЕДУКТОРОВ: КОМПЛЕКСНОСТЬ СТАНДАРТОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. В статье рассматривается актуальность управления качеством в производстве редукторов, акцентируя внимание на сложной системе стандартов, регулирующих этот процесс. Анализируются международные и национальные стандарты, их влияние на качество продукции и производственные процессы, а также возможности интеграции различных стандартов для достижения более высоких показателей эффективности и надежности редукторов. Обсуждаются лучшие практики внедрения системы управления качеством для минимизации производственных рисков и повышения удовлетворенности потребителей.

Ключевые слова: Управление качеством, производство, редукторы, стандарты, эффективность процессов.

Levchenko A.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
naslev1604@gmail.com

QUALITY MANAGEMENT IN THE PRODUCTION OF GEARBOXES: THE COMPLEXITY OF STANDARDS AND THEIR IMPACT ON THE EFFECTIVENESS OF PROCESSES

Abstract. The article examines the relevance of quality management in the production of gearboxes, focusing on a complex system of standards governing this process. The article analyzes international and national standards, their impact on product quality and production processes, as well as the possibilities of integrating various standards to achieve higher efficiency and reliability of gearboxes. The best practices of implementing a quality management system to minimize production risks and increase customer satisfaction are discussed.

Keywords: Quality management, production, gearboxes, standards, process efficiency.

В современном промышленном производстве редукторы играют ключевую роль, определяя эффективность и надёжность многих механизмов. Обеспечение высокого качества и точности редукторов является критически важным для их долговечности и безопасности. Это требует не только строгого соблюдения технических требований, но и комплексного подхода к управлению качеством на всех этапах производства.

Стандарты качества в производстве редукторов

Ключевым аспектом обеспечения качества редукторов является применение международных и национальных стандартов. Эти стандарты, такие как ISO 9001(системы управления качеством) и ISO 14001(экологический менеджмент), определяют требования к процессам производства, материалам и технологиям, обеспечивая надёжность и безопасность продукции.

Важным стандартом является ISO 9001, представляющий собой международный стандарт системы управления качеством. Применение ISO 9001 в производстве редукторов позволяет установить систему управления качеством продукции, а также соответствовать продукции требованиям заказчика. Кроме того, ISO 9001 способствует повышению эффективности производства, оптимизации процессов и снижению издержек. Для экологического менеджмента важен стандарт ISO 14001, позволяющий снизить негативное воздействие производства на окружающую среду, обеспечивая экологическую безопасность процессов.

Комплексность стандартов качества

Совместное применение различных стандартов качества позволяет оптимизировать производственные процессы, сократить потребление ресурсов и уменьшить воздействие на окружающую среду, что в конечном итоге способствует снижению издержек и повышению эффективности производства.

В производстве редукторов необходимо применять как ISO 9001, так и ISO 14001, а также другие стандарты, касающиеся охраны труда и других аспектов. Эти стандарты взаимосвязаны между собой и влияют на различные аспекты производства. Взаимосвязь стандартов позволяет не только повысить качество готовой продукции, но и оптимизировать процессы производства.

Влияние стандартов на эффективность процессов

Стандарты качества играют значительную роль в производстве редукторов, обеспечивая не только высокое качество и надежность продукции, но и способствуя улучшению эффективности производственных процессов. Применение стандартов качества позволяет оптимизировать производственные операции, улучшить контроль за производством и снизить риск возникновения дефектов и брака.

Стандарты качества играют значительную роль в повышении эффективности производственных процессов:

- Оптимизация производственных операций и улучшения системы контроля качества.
- Снижение рисков возникновения дефектов и брака.
- Улучшения процесса сборки и тестирования продукции.
- Автоматизации производственных процессов.
- Улучшения системы контроля качества и обеспечения соответствия продукции всем требованиям заказчиков и законодательства в области качества.

Необходимо учитывать, что внедрение стандартов качества включает высокие затраты на сертификацию и необходимость постоянного обновления стандартов и требований.

Управление качеством в производстве редукторов играет ключевую роль в обеспечении высокой надежности и эффективности. Соблюдение стандартов качества позволяет минимизировать риски и дефекты, повышает доверие потребителей и способствует созданию конкурентоспособной продукции. Комплексный подход к управлению качеством, включающий соблюдение технических стандартов, контроль качества и анализ результатов, позволяет обеспечить высокий уровень качества готовой продукции и удовлетворение потребностей клиентов.

Для оптимизации процессов производства с помощью стандартов качества рекомендуется уделять особое внимание обучению персонала, внедрению системы управления качеством и автоматизации производственных процессов.

Список литературы

1. International Organization for Standardization (ISO) website – www.iso.org
2. American National Standards Institute (ANSI) website – www.ansi.org

3. European Committee for Standardization (CEN) website – www.cen.eu
4. Quality Management Principles from ISO 9000 – www.iso.org/iso-9001-quality-management
5. The Importance of Quality Standards in Manufacturing – www.manufacturing.net/article/2017/09/importance-quality-standards-manufacturing
6. Implementing Quality Management Systems in Manufacturing – www.thomasnet.com/ insights/implementing-quality-management-systems-manufacturing
7. Role of Standards in Manufacturing Processes – www.researchgate.net/publication/328257875_Role_of_Standards_in_Manufacturing_Processes
8. Quality Control and Standards in Gear Production – www.gearsolutions.com/features/quality-control-and-standards-in-gear-production
9. The Benefits and Challenges of Implementing Quality Standards in Gear Manufacturing – www.eng-tips.com/viewthread.cfm?qid=461911

Мишарина А.А.
студент,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург
nastya050402@mail.ru

ЦИФРОВОЕ БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Аннотация. Данная статья посвящена концепции цифрового бережливого производства. Автор рассматривает различные инструменты данной концепции и способы их применения. Рассмотрены отличия от традиционного бережливого производства, которое уже нашло распространение в России, но с появлением более современных технологий и развитием промышленности, требуются новые методы устранения потерь. Внедрение цифровых технологий в практику бережливого производства рассматривается как один из вариантов повышения эффективности процессов, сокращения потерь и повышения устойчивости к внешним изменениям. Также указаны основные проблемы, с которыми могут столкнуться предприятия при внедрении цифровых технологий, такие как: недостаточное количество квалифицированных специалистов, низкий уровень технологических навыков у сотрудников и отсутствие мотивации. Были предложены меры, направленные на решение проблем внедрения цифрового бережливого производства.

Ключевые слова: бережливое производство, цифровизация, качество, производство.

Misharina A.A.
Student
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russia, Saint Petersburg
nastya050402@mail.ru

DIGITAL LEAN MANUFACTURING

Abstact. This article deals with the concept of digital lean manufacturing. The author considers various tools of digital lean production and ways of their application. The differences from traditional lean production, which has already found its way into Russia, are considered, but with the advent of more modern technologies and the development of industry, new methods of loss reduction are required. The introduction of digital technologies into the practice of lean production is considered as one of the options for increasing the efficiency of processes, reducing losses and in-

creasing resilience to external changes. The main problems that enterprises may face when implementing digital technologies are also pointed out, such as: lack of qualified specialists, low level of technological skills among employees and lack of motivation. Measures aimed at solving the problems of digital lean manufacturing implementation were proposed.

Keywords: lean manufacturing, digitization, quality, manufacturing.

Предприятия стремятся к сокращению издержек и улучшению качества своих изделий. Для этого используются инструменты бережливого производства. Но быстрое развитие технологий поднимает вопрос о сочетания бережливого производства и цифровизации. Внедрение цифровых инструментов рассматривается, как один из путей повышения производительности на предприятиях.

Данная проблема требует более глубокого анализа для определения оптимального пути развития предприятий, что показывает актуальность этой темы. Внедрение цифрового бережливого производства становится ключевым направлением повышения эффективности в условиях цифровой среды. Однако переход от традиционного бережливого производства к цифровому сопровождается трудностями.

Для написания данной работы были использованы статьи в периодических изданиях и научная литература.

Основными источниками, раскрывающими тему цифрового бережливого производства, являются работы Петракова Д. В., Слепцовой Е. В., Унру А. А., Фадеева С. В., Агджояна К. А., Вагина М. С.

На основе работ Фадеева С. В. «Инструменты бережливого производства как фактор цифровой трансформации компании», Агджояна К. А. «Бережливое производство как одна из основных целей цифровой трансформации экономики», Вагина М. С. «Тенденции развития инструментов бережливого производства» было рассмотрено взаимодействие инструментов бережливого производства в сочетании с цифровыми технологиями. В статьях было отмечено, что использование цифровых инноваций позволяет лучше адаптироваться к новым условиям, увеличивать эффективность производственных процессов и сокращать потери.

Трудности, которые возникают при внедрении цифрового бережливого производства на предприятии были рассмотрены на основе работ Петракова Д. В. «Проблема цифровизации бережливого производства», Слепцовой Е. В., Унру А. А «Проблемы применения цифровых технологий при внедрении концепции «бережливого производства» в российских компаниях».

Целью данной статьи является изучение проблем, возникающих при внедрении цифровых технологий в концепцию бережливого производства, и предложение мер по решению этих проблем.

Бережливое производство – это концепция, основанная на увеличение ценности для потребителя с максимальным сокращением потерь.

В последние годы зародилось новое понятие «Цифровое бережливое производство». Оно возникло в результате цифровизации экономики. Цифровое бережливое производство стремится к пересмотру и оптимизации всех процессов на предприятии и замены ручных инструментов на более оптимизированные. Применение искусственного интеллекта, интернета вещей, роботизации и анализа больших данных увеличивают эффективность бережливого производства и помогают достичь большего снижения потерь на производстве.

К примеру, автоматизированная работа оборудования позволит лучше контролировать время такта операции и синхронизировать его с другими процессами изготовления продукции для избежания складирования.

При попытке внедрения инструментов бережливого производства предприятия сталкиваются с отсутствием понимания данной концепции у сотрудников, что влияет на мотивацию сотрудников. Такие работники не только не хотят участвовать во внедрении бережливого производства, но также оказывают сопротивление при изменениях на рабочем месте.

Так как понятие «цифровое бережливое производство» появилось в последние годы предприятия сталкиваются с еще одной проблемой – недостаток квалифицированных специалистов и низкий уровень технологических навыков рабочих.

Можно выделить следующие меры, направленные на решение проблем внедрения рассматриваемой концепции:

- руководители организации должны быть заинтересованы во внедрении цифрового бережливого производства и участвовать во всех этапах внедрения, чтобы на своем примере показывать сотрудникам значимость проводимых мероприятий для предприятия;
- разработка системы мотивации для сотрудников;
- разработка системы непрерывного обучения сотрудников. Сотрудников необходимо обучать не только концепции цифрового бережливого производства, но и навыкам работы с новыми цифровыми технологиями;
- привлечение сторонних экспертов, имеющих опыт внедрения цифрового бережливого производства.

Таким образом, инструменты бережливого производства продолжат подстраиваться под современные реалии, что позволит улучшить результат внедрения бережливого производства. А планирование внедрения и преодоление трудностей на пути цифровизации поможет предприятиям сократить потери и повысить потребительскую ценность.

Список литературы

1. Канюкова В. П. Бережливое производство: основные инструменты и принципы бережливого производства/ В. П. Канюкова// Аллея науки. – 2018. – Т. 1. № 7 (23). – С. 642-647.
2. Кирпичкина М. А. Применение инструментов бережливого производства на предприятиях/ М. А. Кирпичкина, О. В. Новокрещенова// The World of Science Without Borders – 2022. – С. 578-580.
3. Горшков Н. А. Применение информационных технологий как один из инструментов реализации бережливого производства/ Н. А. Горшков, В. В. Зуйкова// XLVII Ломоносовские чтения «Наследие М.В. Ломоносова и достижения современной науки». Сборник материалов региональной научно-практической конференции преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов, специалистов организаций и предприятий. – 2019. – С. 97-100.
4. Петраков Д. В. Проблема цифровизации бережливого производства/ Д. В. Петраков//Вестник науки. – 2024. – Т. 2 № 12 (81). – С. 339-346.
5. Слепцова Е. В., Унру А. А Проблемы применения цифровых технологий при внедрении концепции «бережливого производства» в российских компаниях [Электронный ресурс]// Экономика и бизнес: теория и практика. – 2023. – Т. 11-3(105). – С. 78-81. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-primeneniya-tsifrovyh-tehnologiy-pri-vnedrenii-kontseptsii-berezhlivogo-proizvodstva-v-rossiyskih-kompaniyah (дата обращения: 27.03.2025).
6. Фадеев С. В. Инструменты бережливого производства как фактор цифровой трансформации компании [Электронный ресурс]// Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика. – 2024. – Т.26, №2 – С.147-157. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/instrumenty-berezhlivogo-proizvodstva-kak-faktor-tsifrovoy-transformatsii-kompanii/viewer (дата обращения: 27.03.2025).
7. Агджоян К. А. Бережливое производство как одна из основных целей цифровой трансформации экономики [Электронный ресурс]// Экономика и бизнес: теория и практика. – 2023. – Т. 11-1(105). – С. 18-20. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/berezhlivoe-proizvodstvo-kak-odna-iz-osnovnyh-tseley-tsifrovoy-transformatsii-ekonomiki/viewer (дата обращения: 27.03.2025).
8. 7. Вагин М. С. Тенденции развития инструментов бережливого производства [Электронный ресурс]// Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2024. – №10. – С. 149-155. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-razvitiya-instrumentov-berezhlivogo-proizvodstva (дата обращения: 27.03.2025).

Самарцева Н.И.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
nadya.sm101@yandex.ru
Носкова В.Е.
ассистент Центра проектной деятельности,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
pond5084@gmail.com

HARDWARE ТЕСТОВОГО СТЕНДА АВТОНОМНОГО МАНИПУЛЯТОРА С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИИ 4.0

Аннотация. В статье представлена разработка тестового стенда автономного манипулятора с искусственным интеллектом, ориентированного на применение в условиях Индустрии 4.0. Исследование посвящено комплексному анализу аппаратной платформы на базе микроконтроллера Arduino, включая подбор и оптимизацию ключевых компонентов: сервоприводов цифрового управления, системы питания и 3D-печатных конструктивных элементов. Особое внимание уделено вопросам кинематического моделирования и методам калибровки.

Практическая часть работы описывает процесс создания функционального прототипа, включая проектирование механической части с использованием аддитивных технологий, разработку электрической схемы и реализацию алгоритмов управления.

Особенностью разработки является модульный подход, позволяющий адаптировать стенд для тестирования различных конфигураций манипуляторов.

Результаты исследования представляют значительный интерес для задач цифровой трансформации производственных процессов и могут быть использованы как в промышленных приложениях, так и в образовательных целях. Разработанный стенд служит платформой для дальнейшего внедрения алгоритмов машинного обучения и интеграции в умные производственные системы.

Ключевые слова: автономный манипулятор, Arduino, Индустрия 4.0, кинематическая калибровка, 3D-печать, сервоприводы, искусственный интеллект.

Samartseva N.I.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
nadya.sm101@yandex.ru
Noskova V.E.
Assistant at the Project Activity Center
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
pond5084@gmail.com

HARDWARE OF A TEST BENCH OF AN AUTONOMOUS MANIPULATOR WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN INDUSTRY 4.0 CONDITIONS

Abstact. The article presents the development of a test stand for an autonomous manipulator with artificial intelligence, aimed at application in Industry 4.0. The study is devoted to a comprehensive analysis of the hardware platform based on the Arduino microcontroller, including the selection and optimization of key components: digital control servos, power supply system and 3D-printed structural elements. Special attention is paid to the issues of kinematic modeling and calibration methods.

The practical part of the work describes the process of creating a functional prototype, including designing a mechanical part using additive technologies, developing an electrical circuit and implementing control algorithms.

A special feature of the development is the modular approach, which makes it possible to adapt the test bench for various manipulator configurations.

The research results are of considerable interest for the tasks of digital transformation of production processes and can be used both in industrial applications and for educational purposes. The developed stand serves as a platform for further implementation of machine learning algorithms and integration into smart production systems.

Keywords: autonomous manipulator, Arduino, Industry 4.0, kinematic calibration, 3D printing, servos, artificial intelligence.

Современные производственные системы требуют внедрения автономных робототехнических решений, способных адаптироваться к динамичным условиям. Одним из таких решений является манипулятор с искусственным интеллектом, сочетающий аппаратную гибкость и программную адаптивность.

Актуальность, обзор литературы

Разработка тестового стенда манипулятора актуальна для задач цифровизации производства в рамках Индустрии 4.0. Приемы использовани я описанные в литературе [1-3] подтверждают эффективность использования платформы Arduino для прототипирования робототехнических систем благодаря открытой архитектуре, низкой стоимости и простоте программирования. Язык программирования Си [4] отлично подходит для разработки ПО роботов благодаря быстродействию написанных программ.

Основные компоненты hardware:

1. Arduino – это открытая платформа с собственным микроконтроллером, предназначенная для создания электронных проектов. В нашем манипуляторе Arduino выполняет роль центрального управляющего элемента, координируя работу всех остальных компонентов. Выбор Arduino обусловлен его гибкостью, доступностью и возможностью программирования на различных языках.

2. Двигатели – в манипуляторе используются сервомоторы, обеспечивающие точное позиционирование и управление движением. Сервоприводы позволяют роботу выполнять сложные манипуляции с высокой точностью.

3. Питание – манипулятор работает от аккумуляторов или внешних источников питания, обеспечивая автономность и мобильность. Это особенно важно в условиях промышленного производства.

4. Провода – используются для соединения всех компонентов манипулятора, обеспечивая передачу сигналов и питания между Arduino, двигателями, датчиками и другими элементами системы. Качественные провода и правильная организация соединений важны для стабильной работы манипулятора и предотвращения помех или сбоев.

Практическая реализация тестового стенда включает несколько ключевых этапов. В первую очередь изготовлены механические компоненты с использованием 3D-печати, что позволило быстро получить прототипы деталей сложной формы. Собрана схема, включающая блок управления на базе Arduino, питание и сервоприводы.

Управление качеством и контроль работы манипулятора.

Для точного позиционирования манипулятора выполняется калибровка сервоприводов: каждый мотор проходит процедуру «обнуления» – установки в нулевое положение при старте системы. Блок, отвечающий за калибровку, запускается в самом начале работы стенда.

Этот проект – не просто технологический эксперимент, а реальный вклад в будущее промышленности, где роботы и люди работают рука об руку, создавая новые стандарты эффективности и инноваций. Будущее уже здесь, и оно начинается с таких решений, как наш автономный манипулятор.

Список литературы

1. Блюм, Дж. Изучаем Arduino. Инструменты и методы технического волшебства / Дж. Блюм. 2-е изд. пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2020, с. 1-167.
2. Петин, В. А. Электроника. Проекты с использованием Arduino / В. А. Петин. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2021, с. 87-150.
3. Соммер, У. Электроника. Программирование Arduino / У. Соммер. – Москва: СПб.: БХВ-Петербург, 2012, с. 1-181.
4. Керниган, Б. У. Язык программирования Си / Б. У. Керниган, Д. М. Ритчи. – 2-е изд. – Москва: Вильямс, 2009, с. 1-304.

Кудряков А.В.
студент,
РГАТУ имени П.А. Соловьева,
Россия, Рыбинск
anton123ix@mail.ru
Иванова И.В.
к.т.н., доцент кафедры «Организация производства и управление качеством»,
РГАТУ имени П.А. Соловьева,
Россия, Рыбинск

ВЛИЯНИЕ ЗНАНИЯ НА КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ (ГОСТ Р ИСО 9001–2015)

Аннотация. В статье показано, что эффективное управление знаниями способствует снижению дефектов продукции, улучшению качества услуг и повышению конкурентоспособности предприятий. Предложены конкретные меры по внедрению систем управления знаниями, развитию корпоративной культуры обмена опытом и применению современных технологий для автоматизации передачи информации. Кроме того, рассмотрены примеры успешного применения системы управления знаниями в различных отраслях, что подтверждает её значимость для современного бизнеса.

Ключевые слова: качество продукции и услуг, обучение и повышение квалификации сотрудников, стандартизация процессов, культура обмена знаниями, система наставничества, мотивационные программы, система менеджмента качества.

Kudryakov A.V.
Student
RGATU named after P.A. Solovyova
Russia, Rybinsk
anton123ix@mail.ru
Ivanova I.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department
of Production Organization and Quality Management
RGATU named after P.A. Solovyova
Russia, Rybinsk

INFLUENCE OF KNOWLEDGE ON THE QUALITY OF PRODUCTS AND SERVICES (GOST R ISO 9001–2015)

Abstract. The article shows that effective knowledge management helps reduce product defects, improve service quality and increase the competitiveness of enterprises. Specific measures are proposed for the implementation of knowledge management systems, the development of a corpo-

rate culture of experience exchange and the use of modern technologies to automate the transfer of information. In addition, examples of successful application of the knowledge management system in various industries are considered, which confirms its importance for modern business.

Keywords: quality of products and services, training and professional development of employees, standardization of processes, culture of knowledge sharing, mentoring system, motivational programs, quality management system

В условиях современной конкурентной среды качество продукции и услуг играет ключевую роль в обеспечении устойчивого развития организаций. Международный стандарт ГОСТ Р ИСО 9001-2015 подчеркивает важность управления знаниями в системе менеджмента качества (СМК). Знания организации помогают снижать риски, улучшать процессы и удовлетворять требования потребителей. Однако далеко не все компании осознают необходимость системного подхода к управлению знаниями, что может приводить к проблемам, связанным с качеством продукции и услуг. В результате недочёты в управлении знаниями могут негативно сказаться на производственном процессе, увеличивая процент дефектов и снижая уровень удовлетворённости клиентов.

Определить влияние знаний на качество продукции и услуг, выявить основные проблемы, связанные с управлением знаниями, и предложить возможные пути их решения. Качественное управление знаниями позволит предприятиям не только повысить эффективность своей деятельности, но и обеспечить соответствие требованиям стандартов, что играет ключевую роль в развитии компаний и укреплении их позиций на рынке.

На сегодняшний день большинство предприятий сталкивается с необходимостью адаптации к быстро меняющимся условиям рынка, что требует постоянного обновления знаний, совершенствования процессов и обучения персонала. Современные реалии требуют от организаций гибкости, способности быстро адаптироваться к изменениям и внедрять инновационные решения. Без систематизированного подхода к управлению знаниями предприятия рискуют потерять конкурентные преимущества, столкнуться с увеличением дефектов в производстве, низким уровнем удовлетворенности клиентов и недостаточной эффективностью внутренних процессов. Кроме того, отсутствие управления знаниями может привести к снижению качества принятых решений, что негативно сказывается на стратегическом развитии компании. Поэтому особое внимание следует уделить методам накопления, обработки и передачи знаний внутри организации, чтобы обеспечить их доступность, актуальность и непрерывное развитие.

Несмотря на признание важности знаний, многие предприятия сталкиваются с рядом проблем в управлении ими:

– Отсутствие систематизированного подхода к управлению знаниями.

– Потеря критически важной информации при смене персонала.

– Недостаточное обучение сотрудников и недостаток компетенций.

– Сложность внедрения новых знаний в существующие процессы.

– Недостаточная мотивация персонала к обмену знаниями.

– Отсутствие единых стандартов документирования и передачи информации внутри организации.

– Ограниченный доступ к необходимым знаниям для сотрудников различных подразделений.

– Слабая интеграция знаний в производственные и управленческие процессы.

– Недостаточное использование цифровых технологий для управления знаниями.

Эти проблемы приводят к снижению качества продукции и услуг, увеличению числа дефектов и рекламаций, а также снижению конкурентоспособности предприятий. Недостаточная систематизация знаний затрудняет выявление и устранение ошибок на ранних стадиях, что может привести к значительным финансовым потерям и увеличению издержек. Кроме того, отсутствие единых стандартов управления знаниями внутри компании приводит к разрозненности информации, снижает эффективность взаимодействия между отделами и усложняет процесс передачи опыта новым сотрудникам. Компании, не уделяющие должного

внимания вопросам накопления и систематизации знаний, рискуют потерять конкурентные преимущества, что может привести к снижению их рыночной доли и ухудшению репутации. Недостаток управляемых знаний также может повлиять на соответствие требованиям стандартов качества, что в свою очередь влияет на репутацию компании и доверие потребителей. Для устранения данных проблем необходим комплексный подход к управлению знаниями.

Для эффективного управления знаниями и повышения качества продукции и услуг в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001:2015 рекомендуется:

– **Разработка и внедрение системы управления знаниями**: создание базы знаний, содержащей лучшие практики, техническую документацию, инструкции и стандарты организации. Такая система позволит аккумулировать знания и обеспечивать их доступность для всех сотрудников, минимизируя риск утраты критически важной информации.

– **Обучение и повышение квалификации сотрудников**: регулярные тренинги, семинары и программы наставничества, направленные на развитие компетенций. Важно учитывать специфику деятельности организации и адаптировать обучение под текущие задачи, обеспечивая персоналу доступ к современным технологиям и методикам.

– **Документирование и стандартизация процессов**: фиксация ключевых знаний в нормативных документах для их доступности и последующего использования. Это также способствует унификации процессов и снижению вероятности ошибок. Важно разработать систему внутренней документации, доступной для сотрудников в удобном формате.

– **Применение современных ИТ-решений**: использование цифровых платформ для обмена знаниями, корпоративных порталов и систем управления обучением (LMS). Данные технологии позволяют автоматизировать процессы распространения информации, обеспечивая её доступность и актуальность в реальном времени.

– **Создание культуры обмена знаниями**: стимулирование сотрудников к обмену опытом через премирование, участие в круглых столах, рабочих группах и тематических обсуждениях. Это позволит сформировать среду, способствующую эффективному взаимодействию и передаче знаний.

– **Анализ и улучшение процессов на основе знаний**: постоянный анализ накопленных знаний и внедрение улучшений в процессы. Обратная связь от сотрудников, клиентов и партнёров может помочь выявить проблемные области и скорректировать стратегию управления знаниями.

– **Развитие системы наставничества**: привлечение опытных специалистов к обучению молодых сотрудников для передачи ценных знаний и навыков, что способствует преемственности и повышению общего уровня компетентности в компании. Системное внедрение наставничества позволит сохранить критически важные знания в организации.

– **Разработка мотивационных программ**: внедрение бонусов и поощрений за активное участие в передаче и разработке новых знаний, что увеличивает вовлеченность сотрудников и повышает их интерес к повышению квалификации.

– **Интеграция управления знаниями в систему менеджмента качества**: разработка стратегии, направленной на постоянное совершенствование процессов и обеспечение соответствия международным стандартам.

Знания являются стратегическим ресурсом организации и оказывают прямое влияние на качество продукции и услуг. Управление знаниями в рамках СМК согласно ГОСТ Р ИСО 9001:2015 позволяет минимизировать риски, повышать эффективность процессов и удовлетворять потребности клиентов. Для достижения этих целей необходимо внедрять системный подход, обучать персонал, применять современные технологии и формировать культуру обмена знаниями.

Комплексные меры по управлению знаниями помогут предприятиям добиться устойчивого развития и высокой конкурентоспособности. В условиях жесткой рыночной конкуренции знание становится важным капиталом, который необходимо постоянно развивать и поддерживать. Эффективное управление знаниями не только способствует улучшению качества продукции и услуг, но и формирует долгосрочные конкурентные преимущества, повышает доверие потребителей и партнеров, а также способствует инновационному развитию

компании. Внедрение системы управления знаниями позволит предприятиям не только соответствовать международным стандартам, но и выйти на новый уровень качества и эффективности своей деятельности.

Список литературы

1. Трофимова Л.А. Управление знаниями: Учеб. Пособие / Л.А. Трофимова, В.В. Трофимов – СПб.: Изд-во Санкт-петербургского государственного университета экономики и финансов, 2012.-82с.

2. Джанетто, К. Управление знаниями. Руководство по разработке и внедрению корпоративной стратегии управления знаниями / К. Джанетто, Э. Уиллер; пер. с англ. Е.М. Пестеревой. – Москва: Добрая книга, 2005. – 192с.

3. Гареев Т. Система управления знаниями в «ВР» / Т. Гареев – URL: https:// www.novus-km.com/single-post/2016/08/03/F-BP

4. Маслов А.В. Практика внедрения систем управления знаниями на российских предприятиях / А.В. Маслов // Инновационные технологии в машиностроении: сб. тр. VIII Междунар. Науч.-практ. Конф. – Томск: изд-во ТПУ, 2017. – С. 186-189.

5. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» национальный стандарт Российской Федерации: дата введения: 28.09.2015 / Издательство официальное. – Москва: Стандартинфор.

Новиков А.А.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
novikov110303@mail.ru
Стригун П.О.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
paul.str05@yandex.ru
Савостиков Г.А.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
savostikovlol@gmail.com
Савостикова О.Г.
старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»
Московский политехнический университет
Россия, Москва
o.g.savostikova@mospolytech.ru

КОНТРОЛЬ МЕТОДОМ РОКВЕЛЛА

Аннотация. Изучение твердости материалов является важной задачей в материаловедении и инженерии, поскольку этот показатель определяет эксплуатационные свойства изделий. Метод Роквелла популярен и удобен, т.к. прост и быстр в использовании. Он основан на измерении глубины проникновения индентера в образец при заданной нагрузке, что позволяет определить твердость по соответствующим шкалам (HRA, HRB, HRC). Процедура включает подготовку поверхности, применение нагрузок и чтение измерений, а оборудование – твердомеры, соответствующие стандартам ASTM и ISO. Преимущества метода заключаются

в высокой скорости получения результатов, простоте использования, широком диапазоне применимости и относительно невысоких затратах. Однако существуют ограничения, связанные с толщиной образца, поверхностными дефектами и структурой материала, что может повлиять на точность измерений. Метод особенно эффективен для металлических сплавов, полимеров и других материалов, однако в некоторых случаях предпочтительнее использовать альтернативные методы. В целом, метод Роквелла является важным инструментом контроля качества и исследования свойств материалов, позволяя быстро и эффективно оценивать их твердость и выявлять возможные отклонения.

Ключевые слова: Твердость, Роквелл, Индентер, Методы, Измерение, Шкалы (HRA, HRB, HRC), Оборудование.

Novikov A.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
novikov110303@mail.ru
Strigun P.O.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
paul.str05@yandex.ru
Savostikov G.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
savostikovlol@gmail.com
Savostikova O.G.
Senior Lecturer of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
o.g.savostikova@mospolytech.ru

CONTROL BY THE ROCKWELL METHOD

Abstact. Studying the hardness of materials is an important task in materials science and engineering, as this indicator determines the operational properties of products. The Rockwell method is popular and convenient because it is simple and fast to use. It is based on measuring the penetration depth of the indenter into the sample at a given load, which allows you to determine the hardness on the appropriate scales (HRA, HRB, HRC). The procedure includes surface preparation, application of loads and reading of measurements, and equipment – hardness meters conforming to ASTM and ISO standards. The advantages of the method are the high speed of obtaining results, ease of use, wide range of applicability and relatively low costs. However, there are limitations related to the thickness of the sample, surface defects and the structure of the material, which can affect the accuracy of measurements. The method is particularly effective for metal alloys, polymers and other materials, however, in some cases it is preferable

Keywords: Hardness, Rockwell, Indenter, Methods, Measurement, Scales (HRA, HRB, HRC), Equipment.

Твердость материалов – ключевой параметр, определяющий их износостойкость, прочность и долговечность в условиях современных производственных вызовов. В эпоху цифровизации и внедрения аддитивных технологий исследование твердости приобретает особую значимость, обеспечивая контроль качества для инновационных материалов, таких как графеновые композиты, металлические пены и 3D-печатные сплавы. Среди методов измерения твердости метод Роквелла, разработанный в начале XX века, остается актуальным благодаря

своей адаптации к новым технологиям. Современные автоматизированные твердомеры с интеграцией IoT (Интернета вещей) и AI (искусственного интеллекта) позволяют не только ускорить процесс, но и анализировать данные в режиме реального времени, что делает метод незаменимым для Industry 4.0.

Современные производственные процессы требуют постоянного контроля качества материалов, что делает измерение твердости одним из важнейших этапов. Когда речь идет о внедрении аддитивных технологий, таких как 3D-печать, особое значение приобретают исследования свойств новых материалов. Например, графеновые композиты демонстрируют уникальные механические свойства, и точное измерение их твердости может оказаться решающим для оценки их эксплуатационных характеристик.

Проанализировать применение метода Роквелла в условиях современных производственных процессов, включая работу с наноматериалами, композитами и гибридными структурами, а также оценить его роль в обеспечении устойчивого развития и экологической безопасности.

Метод Роквелла основан на измерении глубины проникновения индентера под нагрузкой, но сегодня он дополнен цифровыми решениями. Помимо классических шкал HRA, HRB и HRC, в 2023 году введена шкала HRD для сверхтвердых керамик, используемых в аэрокосмической отрасли.

Шкала HRA: используется для измерения твердости твердых материалов, таких как цементированные стали. В качестве индентера применяется алмазный конус, а нагрузка составляет 60 кгс [1].

Шкала HRB: применяется для мягких металлических изделий. Индентер – стальной шар (диаметром 1/16 дюйма), нагрузка – 100 кгс [1].

Шкала HRC: используется для твердомерного контроля твердых сталей. Индентер – алмазный конус с нагрузкой 150 кгс [1].

Процедура измерения проводится в два этапа: сначала на образец устанавливается предварительная нагрузка, после чего добавляется основная нагрузка. После снятия основной нагрузки определяется глубина проникновения индентера. Чем меньше глубина, тем выше твердость материала [1].

Для испытания используются твердомеры Роквелла, которые могут быть как настольными, так и портативными. Оборудование должно быть откалибровано и соответствовать стандартам, таким как ASTM E18 и ISO 6508 [2].

Процедура включает несколько этапов [2].

Этап 1. Подготовка образца

Этап 2. Установка образца в твердомер.

Этап 3. Применение предварительной и основной нагрузки.

Этап 4. Чтение значения твердости с шкалы устройства.

Работа с прибором для измерения твердости начинается с размещения образца на столе шлифованной стороной вверх. Затем прикладывается предварительная нагрузка, которая устраняет люфты между поверхностью и алмазным индентором. После стабилизации добавляют основную нагрузку, удерживая её в течение 2–8 секунд. По завершении испытания нагрузку снимают и фиксируют полученное значение твёрдости по шкале HRC – его считывают с индикатора или цифрового дисплея прибора.

Факторы, влияющие на точность измерения

- Важным фактором является толщина образца. Не допускается проверка образцов с толщиной менее десятикратной глубины проникновения наконечника.
- Ограничивается минимальное расстояние между отпечатками (3 диаметра между центрами ближайших отпечатков).
- Недопущение параллакса при считывании результатов с циферблата.

Современные твердомеры автоматизированы – оснащены тензодатчиками, программным управлением и функцией коррекции для криволинейных поверхностей. Стационарные модели (например, KB 150R) используются в лабораториях, портативные – для полевых измерений.

Мониторинг изменения твердости HRC – эффективный способ оценки износа деталей. Снижение значений указывает на деградацию материала из-за термических, механических или коррозионных воздействий. Методы диагностики включают:

• Периодические замеры твердомером – сравнение исходных и текущих показателей HRC для критических узлов, таких как подшипники или режущие кромки.

• Анализ микротвердости – исследование локальных участков после шлифовки или полировки для выявления зон с измененной структурой.

• Использование тарированных напильников – быстрая проверка инструментов в полевых условиях. Например, если напильник с HRC 60 оставляет царапины на сверле, его твердость ниже требуемой.

Примеры практического применения –

• Шестерни – снижение HRC на 5–7 единиц сигнализирует о необходимости замены из-за износа зубьев.

• Рельсы – падение твердости с 55 до 45 HRC указывает на деформацию поверхности под нагрузкой.

• Пробивные матрицы – увеличение HRC выше 67 единиц приводит к микротрещинам и требует переточки.

Таким образом, значение HRC служит не только для классификации материалов, но и для прогнозирования их поведения в реальных условиях. Комбинация методов контроля позволяет оптимизировать сроки обслуживания и предотвращать аварии.

Перечислим преимущества метода Роквелла.

1. Скорость измерений: метод позволяет быстро получить результаты, что делает его удобным для производственных условий.

2. Простота использования: оборудование для измерения твердости по Роквеллу обычно легко в использовании и не требует сложной подготовки образца.

3. Широкий диапазон: метод подходит для оценки твердости различных материалов, включая металлы, сплавы, полимеры и др.

4. Не требует значительных затрат: оборудование для тестирования часто бывает доступно и не требует значительных материальных затрат.

5. Чувствительность к изменениям: метод хорошо реагирует на небольшие изменения в составе и структуре материала.

Метод Роквелла имеет ряд недостатков.

1. Ограничения по толщине образца: метод не всегда подходит для очень тонких или легковместимых материалов, поскольку может давать неточные результаты.

2. Чувствительность к поверхности: требуется хорошая подготовка поверхности, так как неровности и загрязнения могут повлиять на результаты.

3. Не универсальность: для некоторых материалов более подходящими могут быть другие методы измерения твердости (например, Виккерса или Бринелля).

4. Влияние структуры материала: метод может давать отклонения в результатах при наличии неоднородных участков в материале (например, в случае закаленных или отожженных участков).

5. Относительная сложность интерпретации результатов: необходимы знания о материале и применение корректировок в зависимости от толщины и типа образца.

Метод Роквелла успешно применяется в различных отраслях, включая:

• Металлургия: используется для контроля качества сталей и сплавов, где требования к прочности и твердости критичны.

• Автомобильная промышленность: применяется при производстве компонентов, таких как шестерни, валки и другие детали, где необходима высокая износостойкость.

• Строительство: используется для проверки твердости материалов, применяемых в конструкциях, таких как бетонные смеси и кирпичи.

• Аэрокосмическая отрасль: твердомерный контроль используется для сертификации сверхтвердых керамик, которые имеют критическое значение для безопасности летательных аппаратов.

Устойчивое развитие и экологическая безопасность

Использование метода Роквелла в контексте устойчивого развития и экологической безопасности становится особенно актуальным. Качественные материалы, протестированные с помощью этого метода, способны обеспечить долговечность продукции, что ведет к снижению количества отходов и использования ресурсов. Применение автоматизированных технологий также позволяет оптимизировать процессы и уменьшить воздействие на окружающую среду.

Метод Роквелла, безусловно, заслужил свою репутацию как один из самых популярных и удобных способов определения твердости материалов на протяжении многих лет. Его успех заключается в нескольких ключевых аспектах. Прежде всего, этот метод славится своей простотой и легкостью выполнения, что делает его доступным даже для тех, кто не является специалистом в данной области. Никаких сложных лабораторных условий или дорогого оборудования не требуется – все, что нужно, это правильно откалиброванный твердомер и подготовленный образец материала.

Благодаря своим неоспоримым преимуществам, метод Роквелла находит широкое применение в множестве отраслей, включая машиностроение, металлургию, автомобильную промышленность, строительство и даже аэрокосмическую отрасль. В машиностроении, например, твердомерный контроль играет критически важную роль при производстве компонентов, которые подвергаются значительным нагрузкам и износу. Это касается шестерен, валков и других деталей, где точность измерений может повлиять на долговечность и безопасность работы механизма.

Список литературы

1. ИСО 6508-1:2023 Металлические материалы – испытание на твердость по Роквеллу-Часть 1: Метод испытания / Текст: электрон-ный // ISO – URL: ISO 6508-1:2023 – Металлические материалы – Испытание на твердость по Роквеллу – Часть 1: Метод испытаний (дата обращения:21.04.2025)

2. Стандартные методы определения твердости металлических материалов по Роквеллу / Текст: электрон-ный // ASTM – URL: E18 Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials (дата обращения:21.04.2025)

Базаров З.Г.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
zorigto_baz@mail.ru

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ С УКЛОНОМ В МАШИНОСТРОЕНИЕ И МЕТРОЛОГИЮ

Аннотация. Информационные измерительные системы (ИИС) являются важными элементами современного машиностроения, обеспечивающими контроль технологических процессов и повышение качества выпускаемой продукции. В статье рассматриваются принципы построения ИИС, их архитектура, функциональные возможности и особенности применения в машиностроении, а также вопросы метрологического обеспечения и калибровки. Особое внимание уделено интеграции современных цифровых технологий, таких как Интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (ИИ), облачные вычисления и технологии обработки больших данных. Приведены примеры успешного внедрения ИИС на машиностроительных предприятиях, проанализированы достигнутые результаты и выявленные проблемы. Показано, что использование ИИС способствует повышению эффективности производственных

процессов, снижению затрат, повышению точности измерений и минимизации влияния человеческого фактора. Также рассматриваются перспективы развития ИИС в контексте цифровой трансформации отрасли и соответствия требованиям Индустрии 4.0. Отмечается необходимость дальнейших исследований в области стандартизации, надежности и совместимости компонентов ИИС, особенно в условиях гибкого и высокоточного автоматизированного производства.

Ключевые слова: информационные измерительные системы, машиностроение, метрология, цифровизация, интернет вещей, точность измерений, автоматизация.

Bazarov Z.G.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
zorigto_baz@mail.ru

INFORMATION-MEASUREMENT SYSTEMS IN MECHANICAL ENGINEERING: MODERN APPROACHES AND METROLOGICAL SUPPORT

Abstact. Information Measurement Systems (IMS) are key components of modern mechanical engineering, providing control over technological processes and improving product quality. This article explores the principles of IMS design, their architecture, functional capabilities, and specific applications in mechanical engineering, as well as issues of metrological support and calibration. Special attention is given to the integration of modern digital technologies such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), cloud computing, and big data processing. Examples of successful IMS implementation in mechanical engineering enterprises are provided, along with an analysis of achieved results and identified challenges. It is shown that the use of IMS enhances production efficiency, reduces costs, improves measurement accuracy, and minimizes the influence of the human factor. The article also discusses the prospects for IMS development in the context of digital transformation and compliance with Industry 4.0 requirements. The need for further research in standardization, reliability, and interoperability of IMS components is emphasized, especially in the context of flexible and high-precision automated manufacturing environments.

Keywords: information-measurement systems, mechanical engineering, metrology, digitalization, internet of things, measurement accuracy, automation.

Информационные измерительные системы (ИИС) являются неотъемлемой частью современного машиностроения, обеспечивающего высокую точность контроля технологических процессов и качества продукции. Эти системы объединяют средства сбора, обработки и анализа данных, позволяя оперативно реагировать на изменения в производственных условиях. Особое внимание при этом уделяется метрологическому обеспечению, которое гарантирует достоверность получаемых результатов. Цель данной работы заключается в анализе современных подходов к построению ИИС, их роли в машиностроении и метрологическом обеспечении производственных процессов.

В условиях цифровой трансформации промышленности роль информационных измерительных систем становится все более важной. По данным исследования компании McKinsey [1], внедрение цифровых технологий и модернизации в области машиностроении позволит существенно повысить производительность труда. Потенциальное экономическое воздействие от цифровизации экономики России увеличит ВВП страны к 2025 году на 4,1–8,9 трлн руб. (в ценах 2015 года), что составит от 19 до 34% общего ожидаемого подъема ВВП. Однако для достижения таких результатов требуется надежное метрологическое обеспечение, так как точность измерений напрямую влияет на качество конечной продукции. Например, использование ИИС с использованием роботов, управляемых искусственным интеллектом, в автоматизированных линиях сборки автомобилей позволяет минимизировать брак и сократить время простоя оборудования [2].

Основными задачами исследования являются:

- Анализ современных подходов к построению информационных измерительных систем.
- Исследование методов метрологического обеспечения ИИС.
- Оценка практической значимости внедрения ИИС в машиностроительной отрасли.
- Разработка рекомендаций по улучшению метрологического обеспечения.

Информационные измерительные системы состоят из трех основных компонентов:

1. Датчики и первичные преобразователи, которые регистрируют физические величины (температура, давление, вибрация и др.).

2. Устройства обработки данных, такие как микроконтроллеры и компьютеры, выполняющие задачи анализа и хранения информации.

3. Программное обеспечение, обеспечивающее взаимодействие между оператором и системой.

Одним из ключевых аспектов является метрологическое обеспечение ИИС. Согласно ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 [3], метрологическое обеспечение должно включать:

- Поверку и калибровку средств измерений.
- Разработку методик выполнения измерений.
- Оценку погрешностей измерений.

В машиностроении ИИС применяются для решения следующих задач:

- Контроль геометрических параметров деталей с использованием координатно-измерительных машин (КИМ).
- Мониторинг состояния оборудования в режиме реального времени.
- Управление технологическими процессами, такими как сварка, литье и механическая обработка.

Примером успешного внедрения ИИС является система разработки нового допустимого энергетического состояния нефтяных залежей. Место отбора и закачки анализируется анализом значений пластовых давлений с использованием возможностей искусственного интеллекта [4].

Информационные измерительные системы играют ключевую роль в повышении эффективности машиностроительного производства. Их внедрение позволяет автоматизировать процессы контроля и управления, снижать затраты и улучшать качество продукции. Однако для достижения максимальной эффективности необходимо обеспечивать надежное метрологическое обеспечение. В будущем развитие ИИС будет связано с внедрением новых технологий, таких как интернет вещей (IoT) и искусственный интеллект.

Список литературы

1. McKinsey. Цифровая Россия: новая реальность. Текст: электронный // MCKINSEY.COM [mckinsey.com/ru.pdf].- 2017. URL: https://www.mckinsey.com/ru/~/media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/russia/our%20insights/digital%20russia/digital-russia-report.pdf (дата обращения 29.04.2025).

2. Эффективные отечественные практики применения технологий искусственного интеллекта в промышленности / Е.В. Осадчук, К.С. Лапшина, Н.Н. Зарубин [и др.]. Уфа, Международный форум-выставка «Уралстройиндустрия», 2025. 26 с.

3. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 36 с.

4. Новые возможности мониторинга разработки нефтяных месторождений при оценке энергетического состояния залежей методами искусственного интеллекта / И.Н. Пономарева, М.С. Черепанов, А.А. Мелехин и [др.]. Пермь: Нефтяное хозяйство, 2017. С.76-79.

Тополян К.М.
ученик 10 класса,
МБОУ гимназия «Аврора» имени И.И. Ладутько,
Россия, Анапа
dankovakira58@gmail.com
Реутов И.А.
ученик 7 класса,
МБОУ «СОШ №18 пос. Паркового»,
Россия, Краснодарский край
juls_dj@mail.ru
Сердюк Е.А.
ученик 10 класса,
МБОУ «МАЛ»,
Россия, Мурманск
serdyuk.fox16@gmail.com
Заломаев С.М.
ученик 9 класса,
ОГБОУ «ТФТЛ»,
Россия, Томск
sergeyzalo9@gmail.com
Тирская А.М.
ученик 10 класса,
МАОУ «Средняя школа №144»,
Россия, Красноярск
alisatirskaya19@mail.ru
Научные руководители: ***Кузьменко Е.Д.***
студент,
НИ ТПУ,
Россия, Томск
kuzmenko70egor@yandex.ru
Матренин С.В.
к.т.н., доцент отделения материаловедения Инженерной школы новых производственных технологий,
НИ ТПУ,
Россия, Томск

МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ СПЛАВОВ ЦИРКОНИЙ – КРЕМНИЙ

Аннотация. В проведенной работе были установлены свойства циркониевых сплавов системы Zr-Si, моделирование осуществлялось в программе Thermo-Calc. Были выявлены закономерности изменений теплового сопротивления, теплоемкости и энтропии в зависимости от содержания Si. В ходе исследования наблюдалось, что увеличение содержания Si оказывает положительное влияние на тепловое сопротивление материала и увеличивает его энтропию, способствующую повышению радиационной стойкости материала, однако увеличение Si отрицательно сказывается на теплоемкости материала. Моделирование выполнялось при введении 1, 2, 3, 4, 8, 16% Si.

Ключевые слова: моделирование; циркониевый сплав; кремний.

Topolyan K.M.
10th grade Student
MBOU gymnasium «Aurora» named after I.I. Ladutko
Russia, Anapa
dankovakira58@gmail.com
Reutov I.A.
7th grade Student
MBOU «Secondary school No. 18 of the village Park»
Russia, Krasnodar Territory
juls_dj@mail.ru
Serdyuk E.A.
10th grade Student
MBOU «SMALL»
Russia, Murmansk
Serdyuk.fox16@gmail.com
Zalomaev S.M.
9th grade Student
OGBOU «TFTL»
Russia, Tomsk
sergeyzalo9@gmail.com
Tirskaya A.M.
10th grade Student
MAOU «Secondary school No. 144»
Russia, Krasnoyarsk
alisatirskaya19@mail.ru
Scientific Advisors: ***Kuzmenko E.D.***
Student
National Research Tomsk Polytechnic University
Russia, Tomsk
kuzmenko70egor@yandex.ru
Matrenin S.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Department of Materials Science,
Engineering School of New Manufacturing Technologies
National Tomsk Polytechnic University
Russia, Tomsk

MODELING OF PROPERTIES OF ZIRCONIUM-SILICON ALLOYS

Abstact. In the work carried out, the properties of zirconium alloys of the Zr-Si system were established, modeling was carried out in the Thermo-Calc program. Patterns of changes in thermal resistance, heat capacity, and entropy depending on the Si content have been identified. During the study, it was observed that an increase in the Si content has a positive effect on the thermal resistance of the material and increases its entropy, which contributes to an increase in the radiation resistance of the material, but an increase in Si has a negative effect on the heat capacity of the material. The simulation was performed at the introduction of 1, 2, 3, 4, 8, 16% Si.

Keywords: modeling; zirconium alloy; silicon.

Сплавы циркония и кремния получают все большее признание за их потенциал в улучшении характеристик материалов, используемых в оболочке ядерных реакторов. Эти сплавы используют полезные свойства кремния для повышения коррозионной стойкости, механической прочности и окислительных свойств в экстремальных условиях. В следующих разделах подробно описываются достижения и применение сплавов циркония и кремния.

Защитные покрытия, содержащие кремний, значительно повышают коррозионную стойкость циркониевых сплавов. Например, кремниевые покрытия могут превосходить тра-

дицонные пленки ZrO_2, обеспечивая более эффективный барьер против окисления во время высокотемпературных аварий.

Хотя сплавы циркония и кремния обладают многочисленными преимуществами, остаются проблемы с оптимизацией их свойств для конкретных применений, в частности с точки зрения пористости и адгезии покрытий. Для решения этих проблем и полной реализации потенциала этих передовых материалов необходимы дальнейшие исследования.

Моделирование свойств сплавов циркония и кремния включает понимание их механических, термодинамических и коррозионных характеристик, особенно для применения в атомной промышленности. Интеграция различных методов моделирования позволяет проводить всесторонний анализ этих сплавов, что крайне важно для оптимизации их характеристик в сложных условиях. В литературе выделяют следующие данные.

Термомеханическое моделирование

Многомасштабные подходы: Численное моделирование с использованием программного обеспечения FORGE® NxT позволяет оценить эволюцию микроструктуры во время таких процессов, как горячая экструзия, уделяя особое внимание динамической и постдинамической рекристаллизации [1].

Анализ макро- и мезомасштабных: модели позволяют понять, как параметры горячего проката влияют на рекристаллизацию как в макро-, так и в мезомасштабах, улучшая понимание микроструктурных неоднородностей [1].

Коррозионная стойкость

Состав сплава: Сплавы циркония с определенным составом, включая контролируемые количества ниобия, железа и кремния, обладают превосходной коррозионной стойкостью, что делает их пригодными для оболочки ядерного топлива [2,3].

Стойкость к окислению: использование таких элементов, как ниобий и контролируемое содержание кремния, значительно повышает стойкость к окислению в высокотемпературных средах, что крайне важно для применения в реакторах [3].

Коррозионная стойкость циркониевых сплавов значительно повышает их производительность в высокотемпературных ядерных средах, что делает их пригодными для материалов оболочки реакторов. Это улучшение в первую очередь достигается за счет усовершенствованных покрытий поверхности и составов сплавов, которые предотвращают окисление и коррозию, что крайне важно в экстремальных условиях.

Радиационная стойкость

Эти сплавы обладают высокой устойчивостью к радиационным повреждениям, что необходимо для сохранения структурной целостности в течение длительного эксплуатационного периода [4, 5]. Способность выдерживать рост и ползучесть облучения гарантирует, что материалы не деформируются и не разрушаются при длительном воздействии радиации [5, 6].

Механические свойства

Исследования по первым принципам: Исследования по теории функционала плотности (DFT) раскрывают механические свойства сплавов Zr-Si, что свидетельствует о анизотропном поведении силицидов и изменении их прочности в зависимости от температуры [7].

Термодинамические свойства: подход Calphad в сочетании с методами ab initio предоставляет термодинамические данные, необходимые для прогнозирования фазового равновесия и стабильности в системах Zr-Si [8].

Кремниевые сплавы в качестве отражателей нейтронов в малых модульных реакторах (SMR)

Кремниевые сплавы, такие как композиты из циркония и кремния (Zr_3Si_2), были исследованы на предмет их потенциала в качестве отражателей нейтронов в небольших модульных реакторах (SMR). Эти сплавы обладают превосходными свойствами отражения нейтронов, что крайне важно для поддержания экономии нейтронов и оптимизации производительности реактора. Было показано, что использование композитов Zr_3Si_2 в SMR с кипящей водой (BWRX-300) повышает безопасность за счет эффективного удержания и отражения нейтронов в процессе деления. Эта двухслойная система, сочетающая отражатель нейтронов и биоэкран, обеспечивает оптимальное поглощение и локализацию излучения, что делает ее перспективным решением для SMR нового поколения [9].

Несмотря на многообещающие свойства кремниевых сплавов, для полной реализации их потенциала в современных ядерных реакторах необходимо решить ряд проблем. К ним относятся оптимизация технологий изготовления, повышение коррозионной стойкости в определенных средах охлаждающей жидкости и разработка прогнозных моделей долгосрочной работы в условиях облучения. Совместные исследования и международные усилия необходимы для решения этих проблем и интеграции кремниевых сплавов в конструкции реакторов нового поколения [10, 11].

Хотя акцент на моделировании сплавов циркония и кремния подчеркивает их потенциал в ядерном применении, важно учитывать проблемы, связанные с их механическими ограничениями, и необходимость дальнейших исследований для улучшения их характеристик в экстремальных условиях.

Цель работы: Исследование свойств циркониевых сплавов в программном комплексе Thermo-Calc.

В ходе работы были выполнены следующие задачи:

1. Выбор оптимального состава материала на базе существующих сплавов;
2. Моделирование поведения материала при тепловом воздействии;
3. Моделирование свойств материала в зависимости от содержания легирующих элементов.

Моделирование осуществлялось в программе Thermo-Calc. Thermo-Calc – программное обеспечение для расчётов в области термодинамики многокомпонентных систем, диаграмм состояний, моделирования преобразований с контролируемой диффузией и кинетики образования частиц. Были смоделированы свойства Zr-Si сплавов при введении 1, 2, 3, 4, 8, 16% Si. Были исследованы тепловое сопротивление, теплоемкость и энтропия. Также было проведено исследование сплава Zr-Si с содержанием Si 1% при температурах, характерных для их эксплуатации от 300 до 600 С°.

В результате проделанной работы было установлено, что тепловое сопротивление обратнопропорционально зависит от процентного содержания кремния в сплаве. При увеличении процентного содержания кремния свыше 8% наблюдается выравнивание данного показателя, рис. 1.

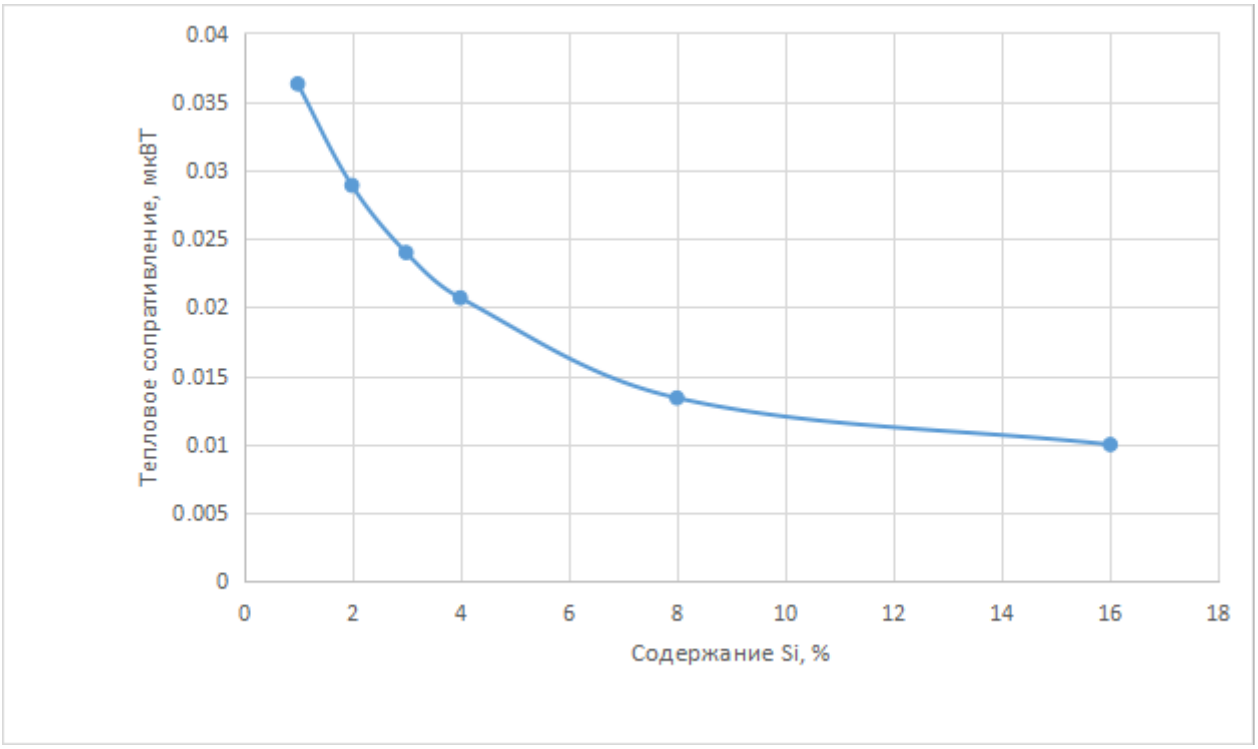


Рис. 1. Зависимость теплового сопротивления от Si

Результат исследования теплоёмкости сплава представлен на рис. 2. Было установлено, что зависимость линейна и обратнопропорциональна.

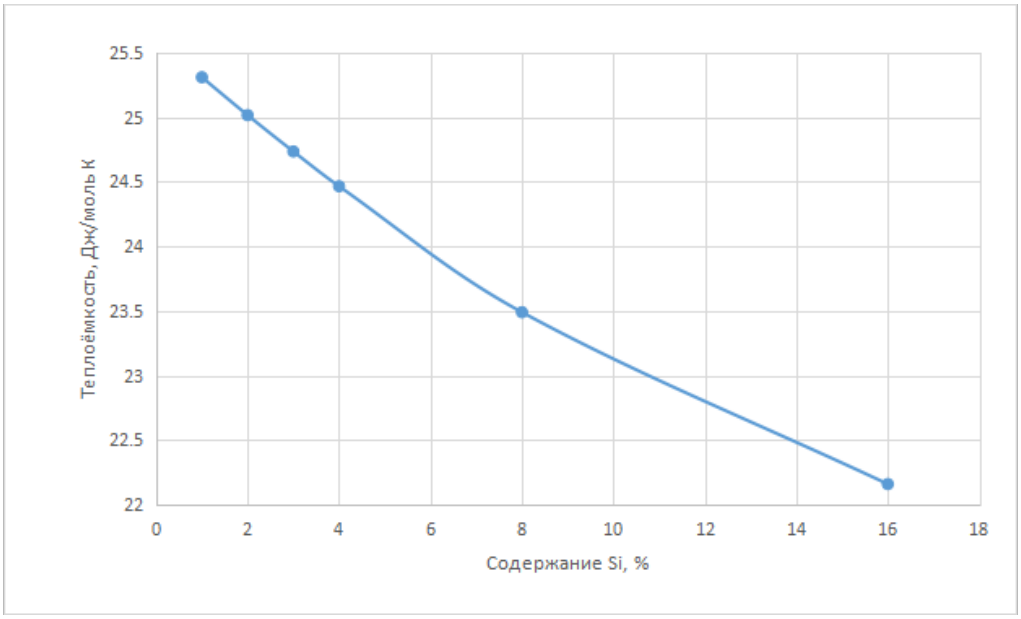


Рис. 2. Зависимость теплоёмкости от Si

В ходе работы было установлено, что зависимость энтропии исследованных материалов от содержания Si имеет характер, близкий к линейному, и с увеличением содержания Si показатель энтропии снижается, рис. 3.

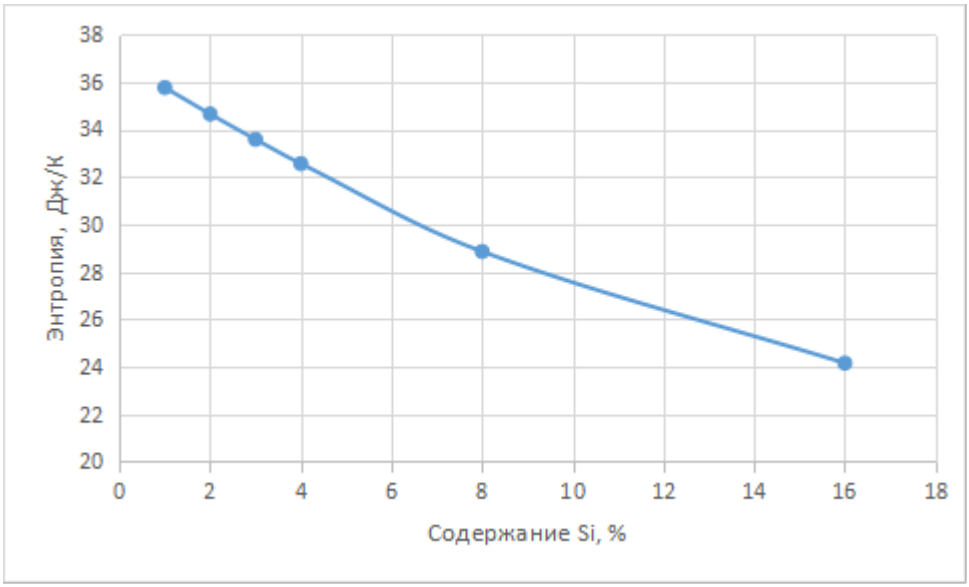


Рис. 3. Зависимость энтропии от Si

При моделировании свойств сплавов в характерном температурном диапазоне их эксплуатации было установлено, что при увеличении температур наблюдается повышение показателей теплоемкости и энтропии до значений 31,27 Дж/моль·К и 68,29 Дж/К, соответственно, рис. 4, 5.

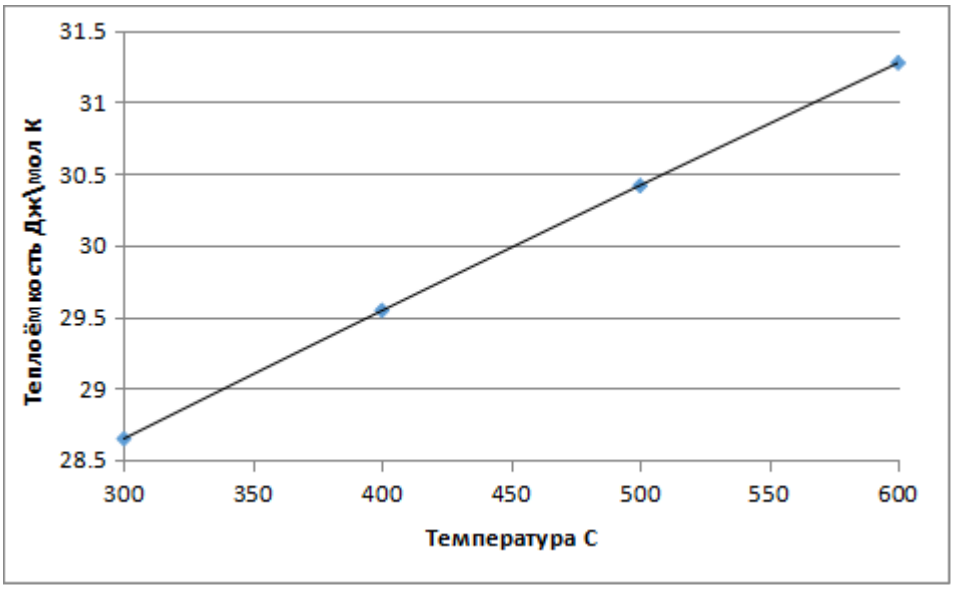


Рис. 4. Зависимость теплоемкости от температуры

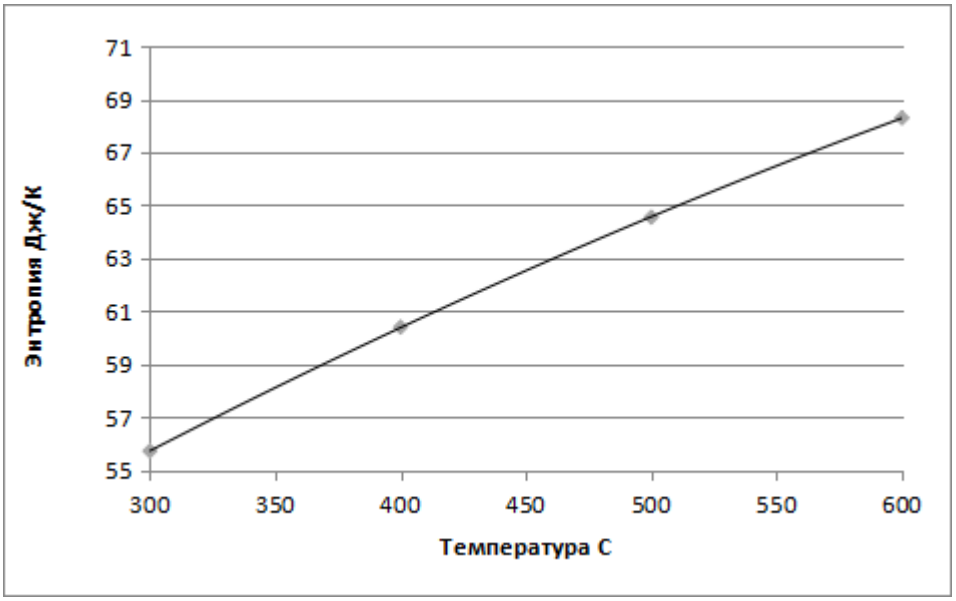


Рис. 5. Зависимость энтропии от температуры

Также было установлено, что пр увеличении температуры наблюдается снижение теплоемкости материала по параболической зависимости, рис. 6.

1. Циркониевый сплав состава: 99% Zr, 1% Si – отличалась наиболее перспективным набором свойств;

2. При снижении содержания кремния тепловое сопротивление материала возрастает при этом критическая температура возрастает;

3. Теплоёмкость материала при увеличении содержания кремни снижается и носит линейный характер;

4. Зависимость параметра энтропии от содержания кремния линейная. При увеличении содержания легирующего элемента энтропия снижает.

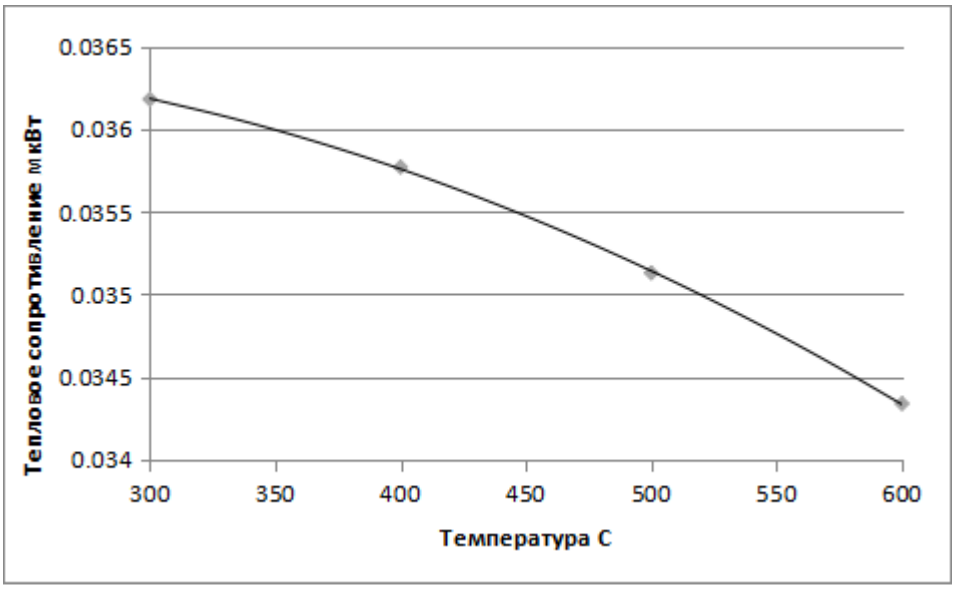


Рис. 6. Зависимость теплового сопротивления от температуры

Список литературы

1. Towards Multi-Scale Modeling of Zirconium Alloys Recrystallization and Application to Thermo-Mechanical Processes Optimization. /, A. Gaillac, V. Grand, A. Arsen [et al.] // M Key Engineering Materials. 2022. V. 926. – P. 443–451. https://doi.org/10.4028/p-54m016

2. Zirconium alloy composition having excellent corrosion resistance for nuclear applications and method of preparing the same. / Baek, J. H., Byoung, K. C., Jeong [et al.]. 2007. https://www.freepatentsonline.com/y2008/0131306.html

3. Zirconium alloys for a nuclear fuel cladding having a superior corrosion resistance by reducing an amount of alloying elements and methods of preparing a zirconium alloy nuclear fuel cladding using thereof. / Park, J.-Y., Choi, B.-K., Kim [et al.]. 2013 https://patents.google.com/patent/US9202597B2/en

4. The current status of zirconium alloys fuel cladding. / M.Y. Pylypenko, O. Yefimov // InterConf.

5. Zirconium Alloys in Nuclear / Motta A. T. // Power Plants 2006. https://www.sbpmat.org.br/icam2009dir/submission/palestrante/arquivos/PN3.pdf

6. Zhao, W., Zhou, B., Li, Z., Miao, Z., Liu, J., Jiang, Y., Peng, Q., Jiang, H., Pang, H., Peng, X., Ying, S., & Wu, X. (2008). Zirconium based alloy for nuclear reactor.

7. Creep-induced redistribution of alloying elements in CZ1 zirconium alloys / WT Lin, QY Lv, D Jiao // Journal of Materials Science & Technology. 2024. V. 173. – P. 31-44.

8. Thermodynamic optimization of Si-Zr-N system using Calphad approach coupled with ab initio methods / Sridar S., Kumar R., Kumar K. C. H. //Calphad. 2018. V. 62. – P. 148-153.

9. Nuclear Reactor Safety: A Two-Layered Paradigm with a (Zr3Si2) Neutron Reflector and Bio shield in BWRX-300 SMR. / Momin R. 2024. https://doi.org/10.22541/ au.170432833. 38082936/v1

10. Silicon Carbide – Nanostructured Ferritic Alloy Composites for Nuclear Applications. / Bawane, K. 2020. https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/96403

11. «Applicability of Nuclear Fuel Safety Criteria to Accident-Tolerant Fuel Designs» / NEA 2022. // CSNI Technical Opinion Papers, No. 19, OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/cc408bd9-en.

Феофанов А.Н.
д.т.н., профессор кафедры «Автоматизированные систем обработки информации и управления»,
МГТУ «СТАНКИН»,
Россия, Москва
feofanov.fan1@yandex.ru
Терешонок А.С.
аспирант,
МГТУ «СТАНКИН»,
Россия, Москва
tereshonokartem99@mail.ru

ПЛАНИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОДУКЦИИ ОПЫТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Опытное производство характеризуется высокой степенью наличия различных неопределенностей. Они начинаются от времени разработки нового изделия или модернизации старого и заканчиваются сроками поставки материалов и покупных комплектующих изделий. В связи с этим, появляются определенные трудности при составлении различных производственных планов для изготовления деталей и сборочных единиц.

Для планирования производства необходимо максимально достоверно определять фактическую трудоемксоть изготовления деталей и сборочных единиц на этапе технологической подготовки производства. Автоматизированное определение и адапация нормы времени под каждого рабочего позволит с максимальной точностью составлять производственные планы. Рассмотрен автоматизированный метод оперативного пооперационного контроля изготовления продукции. Автоматизация идентификации пользователя и закрытие операций в системе осуществляется при помощи штрихкодирования.

Ключевые слова: планирование производства, контроль изготовления продукции, нормативно-справочная информация (НСИ), маршрутная карта (МК), нормирование, коэффициент производительности, штрихкодирование.

Feofanov A.N.
Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Automated Information Processing and Management Systems
MSTU «STANKIN»
Russia, Moscow
feofanov.fan@yandex.ru
Tereshonok A.S.
Postgraduate Student
MSTU «STANKIN»
Russia, Moscow
tereshonokartem99@mail.ru

PLANNING AND CONTROL OF PRODUCTION OF PILOT PRODUCTION

Abstact. Pilot production is characterized by a high degree of various uncertainties. They start from the time of the development of a new product or the modernization of an old one and end with the delivery time of materials and purchased components. In this regard, there are certain difficulties in drawing up various production plans for the manufacture of parts and assembly units.

For production planning, it is necessary to determine as reliably as possible the actual labor intensity of manufacturing parts and assembly units at the stage of technological preparation of production. Automated determination and adaptation of the time limit for each worker will allow you to make production plans with maximum accuracy. The automated method of operational postoper-

ative control of production is considered. Automation of user identification and closing of operations in the system is carried out using barcoding.

Keywords: production planning, production control, normative and reference information (NRI), route map (RM), rationing, productivity coefficient, barcoding.

Планирование производства существенным образом влияет на конечную себестоимость выпускаемой продукции. От того насколько рационально распределена загрузка между рабочими, будет зависеть фактическая производственная мощность цеха. В опытном производстве в силу того, что зачастую нет точного понимая, когда и что будет производиться, планирование классическими методами не дает оптимального результата загрузки каждого рабочего. Недозагрузка отдельных рабочих негативным образом сказывается на производственной мощности цеха, и в конечном итоге всего производства вцелом.

Поэтому планирование производства необходимо рассматривать не только с точки зрения сроков поставки продукции заказчикам, но и с точки зрения повышения рентабельности производства.

Разработка новой и модернизация старой техники выполняется на специальных опытных производтсвах. Опытные производства в нашей стране начали создавать в первой половине прошлого столетия. Тогда это были полноценные опытно-конструкторские бюро. Они состояли из конструкторского бюро и опытного производства, которые были расположены на одной территории. Сейчас большинство опытных производств перестали существовать из-за их несамоокупаемости. Сейчас опытным производством, как правило, называется либо отдельных цех, либо участок при серийном заводе [1].

В 2023 году Высшей школой экономики были опубликованы статистические данные по динамике открытия-закрытия опытно-конструкторских организаций и опытных заводов [2]. На рис. 1 представлены эти данные в виде графиков.

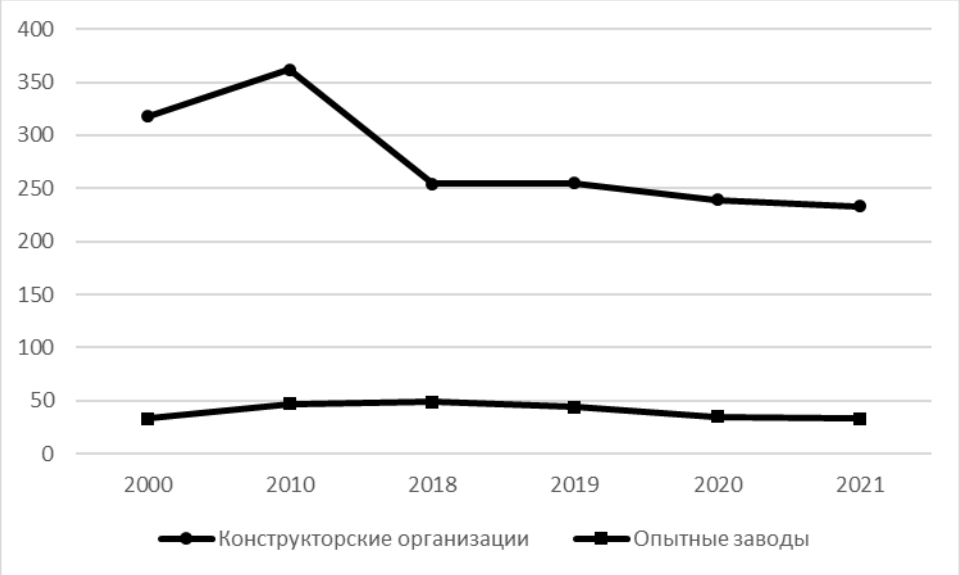


Рис. 1. Численность конструкторских организаций и опытных заводов с 2000 по 2021 г

Из графика видно, что число конструкторских организация сократилось с 318 до 233, а кол-во опытных заводов не изменилось – 34 предприятия. Для развития и поддержания на прежнем уровне опытно-конструкторских предприятий, необходимо внешнее финансирование, посколько проведение научно-исследовательских работ зачастую не окупается продажей новой продукции. К тому же, первый год изготовления нового изделия обходится предрпиятию как минимум в два раза выше, чем в пятый год его выпуска [3]. Казалось бы, что выгоднее производить как можно дольше старые изделия, но дело в том, что спрос на старые изделия быстро падает и они перестают приноть прибыль.

Планирование производства можно охараткиризовать, разделив его на 3 основые группы, которые характеризуют обязательность выполнения принятого плана, срок планирования и содержание плана. В таблице 1 приведены основные виды производственных планов [3].

Таблица 1

Виды производственных планов

По обязательности	По сроку	По содержанию
Директвное	Долгосрочное (5…10 лет)	Стратегическое
Индикативное	Среднесрочное (1…5 лет)	Тактическое
	Краткосрочное (<1 года)	Оперативно-производственное
	Оперативное (1 день)	

На производстве могут применяться три различных метода планирования [3]. Виды и характиристики каждого из методов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Виды и характеристики методов планирования

Прогрессивный	Ретроградный	Круговой
Цеха сами созадают планы изготовления продукции и передают их на верхний уровень предприятия	Планы разрабатываются на верхнем уровне предприятия и передаются в цеха	Основные задачи цехам спускаются с верхнего уровня предприятия, при этом цеха самостоятельно обозначают сроки изготовления продукции

Повысить прибыль производства можно за счет снижения себестоимости продукции [4]. Себестоимость состоит из оплаты труда основных и вспомогтальных рабочих. При повременной оплате труда рабочих и неполной их загрузке, что в опытном производстве имеет место быть, необоснованно повышается себестоимость продукции. В связи с этим падает рентабельность опытного производства.

Сохранению опытных производств, которые не имеют собственного стабильного дохода, может помочь, если не выход на полную самоокупаемость, то хотя бы снижение издержек производства за счет исключения простоев оборудования и рабочего персонала.

Согласно исследованию [5] производительность сотрудника зависимосит от: времени суток, дня недели и месяца года. (см. рис. 2).

Данные проведенного исследования являются усредненными показателями. Поэтому целесообразно использовать данное исследования с той целью, чтобы убедиться, что производительность рабочих на производстве не будет строго постоянной и поэтому при использовании строго регламентированных норм времени, неизбежно будут возникать несостыковки плановых показателей с фактическими.

На основании сводных нормативов возможно проведение моделирования объемного планирования. Для этого рассчитывается суммарное значение S_j каждого j-го ресурса, необходимого для выполнения производственной программы по формуле (1) [6]:

$$S_j = \sum_{i=1}^{N} K * C_{ij} \qquad 1)$$

где i – номенклатура изделий в производственной программе; N – общее количество различной номенклатуры изделий; K – количество изделий номенклатуры i; C_{ij} – сводный норматив j-го ресурса для номенклатуры i.

В рассмотренной модели планирования (1) нормы времени рассчитываются на основе НСИ, которая содержится в статических справочниках. Предлагаемая модель планирования производства основывается на динамически изменяющихся и автоматически подстраивающихся под каждого рабочего норм времени.

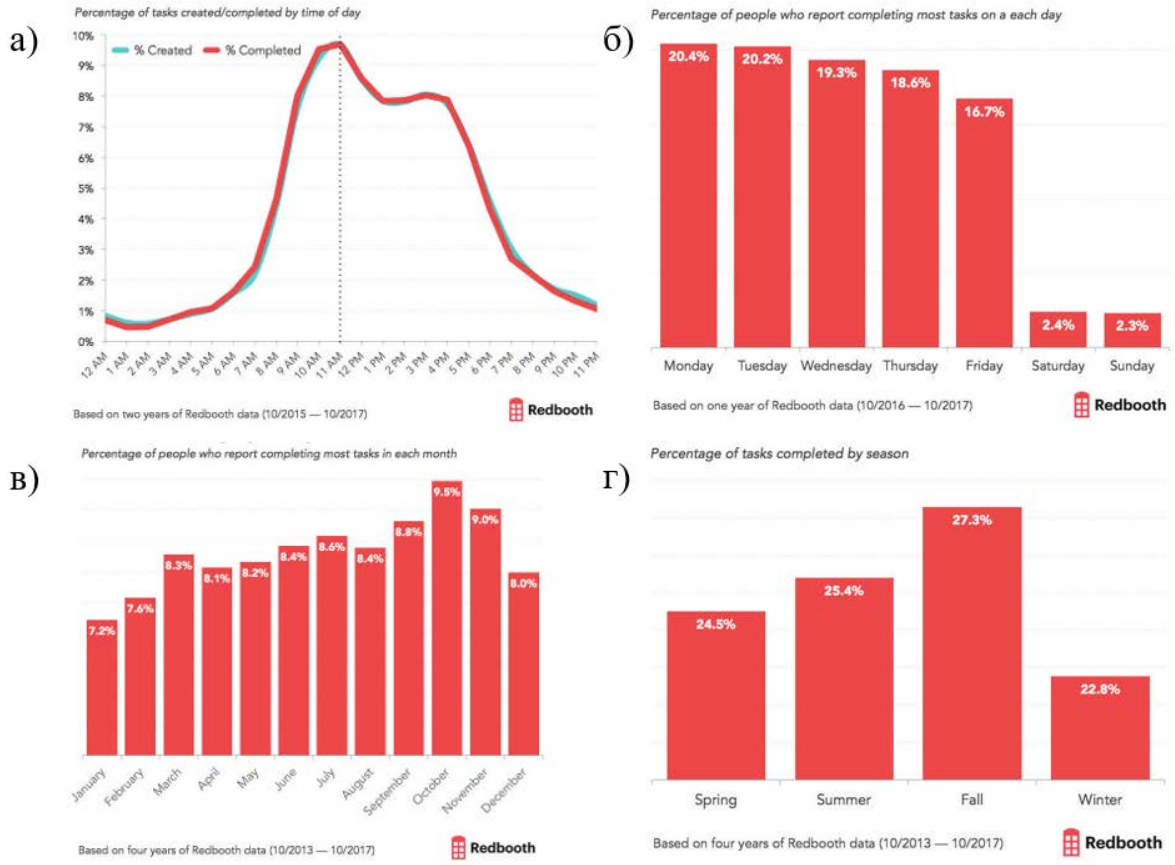


Рис. 2. Зависимость производительности труда сотрудника: а – от времени суток; б – дня недели; в – месяца; г – времени года

Коэффициента производительности E_{ij} для каждого j-го рабочего, выполняющего операции для изготовления номенклатуры i, будет определяться из отношения фактического показателя производительности рабочего $Q_{\text{факт.}}$ к номинальной норме времени $Q_{\text{ном.}}$ (2).

$$E_{ij} = \frac{Q_{\text{факт.}}}{Q_{\text{ном.}}} \tag{2}$$

При использовании формулы (1) для подсчета требуемого количества каждого ресурса сводный норматив C_{ij} в системе планирования делится на коэффициент производительности E_{ij} каждого рабочего (2). Чем выше среднее значение коэффициента E_{ij}, тем меньше потребуется рабочих для изготовления ДСЕ заданной номенклатуры.

$$S_j = \sum_{i=1}^{N} K * \frac{C_{ij}}{E_{ij}} \tag{3}$$

При составлении плана производства с учетом сотрудника, для которого либо нет, либо недостаточно данных для расчета «адекватного» коэффициента E_{ij} необходимо использовать усредненный коэффициент «похожих» рабочих на рассматриваемого сотрудника. Т.е. при подборе сотрудников для определения коэффициента E_{ij} необходимо использовать данные сотрудников одного пола, возраста и уровня образования.

Для реализации автоматического формирования НСИ на каждом участке производства устанавливатеся терминал со специальным программным обеспечением, фиксирующим начало и конец выполнения операции.

На практике это происходит так: у каждого рабочего есть карточка с личным штрихкодом, в котором содержится его табельный номер. На МК напротив каждой операции содержится штрихкод. Перед выполнением и по завершении операции рабочий сканирует свой личную карточку и штрихкод из МК. Происходит фиксация фактической номры времени выполнения операции с последующим ее занесением и обработкой в системе.

В опытном производстве много различных неопределенностей, которые не позволяют с максимальной точностью выполнять планирование изготовления продукции. Но, несмотря на это, для сохранения опытного производства необходимо если не выйти на получение прибыли от изготовления опытной продукции, то хотя бы сократить неоправданные издержки.

Предложенный метод планирования может использоваться для директивного оперативно-производственного планирования при ретроградном методе планирования.

Список литературы

1. Оранова М. В. Особенности планирования опытного производства на предприятиях машиностроения в современных условиях: специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством (промышленность)»: Автореферат на соискание кандидата технических наук / Оранова М. В.; ГОУВПО «Нижегородский государственный университет ум. Н. И. Лобачевского». – Нижний Новгород, 2009. – 26 с.

2. Наука. Технологии. Инновации: 2023: краткий статистический сборник / В.В. Власова, Л.М. Гохберг, К.А. Дитковский и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2023. – 102 с. – 300 экз. – ISBN 978-5-7598-2742-9 (в обл.).

3. Новицкий, Н. И. Организация, планирование и управление производством: учеб.-метод. пособие/ Н. И. Новицкий, В. П. Пашуто. – Москва: Финансы и статистика, 2006. – 576 с. – ISBN 5-279-02691-3.

4. Кузьмина, Е. Д., Бушенева, Ю. И. Формирование и планирование себестоимости на предприятии / Е. Д. Кузьмина, Ю. И. Бушенева [Текст] // Проблемы и пути социально-экономического развития: город, регион, страна, мир. – Санкт-Петербург:ЛГУ им. А.С. Пушкина, 2017. – С. 277-281.

5. Everybody’s Working for the Weekend, But When Do You Actually Get Work Done? / [Электронный ресурс] // Redbooth: [сайт]. – URL: https://redbooth.com/blog/your-most-productive-time (дата обращения: 17.03.2025).

6. Четвергов В. А., Зинец, Н. С., Дьячков, М. Е., Кобелев, П. А. Создание модели плана производства на машиностроительном предприятии / В. А. Четвергов, Н. С. Зинец, М. Е. Дьячков, П. А. Кобелев [Текст] // Стратегическое развитие инновационного потенциала отраслей, комплексов и организаций. – Пенза: Пензенский ГАУ, 2019. – С. 281-285.

Артемьева В.С.
ученик 10 класса,
МБОУ Гимназия №1,
Россия, Мончегорск
artemjeva.var@yandex.ru
Научные руководители: ***Кузьменко Е.Д.***
студент,
НИ ТПУ,
Россия, Томск
kuzmenko70egor@yandex.ru
Матренин С.В.
к.т.н., доцент отделения материаловедения Инженерной школы новых производственных технологий,
НИ ТПУ,
Россия, Томск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛЕГИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА СПЛАВЫ AL–CU В ТЕМПЕРАТУРНОМ ДИАПАЗОНЕ ОТ –150 ДО 150 ℃

Аннотация. В проделанной работе проведено исследование влияния легирующих добавок Zr-Si-Sc в Al-Cu сплавы. В ходе работы было установлено, что внедрение Sc обеспечива-

ет достижение оптимальных свойств материала. В работе проведено моделирование свойств: тепловое сопротивление, энтропия, теплоемкость данных сплавов в программном комплексе Thermo-Calc. Установлено, что Тепловое сопротивление при введении Sc возрастает в широком интервале температур, характерных для потенциальной эксплуатации материала. Повышение содержания Sc вызывает линейное увеличение теплового сопротивления и позволяет сохранить конструкционную целостность проектируемого объекта при повышенных температурах. При минимальном содержании Sc достигается наибольшая энтропия, характеризующая радиационную стойкость материала; Снижение содержания Sc повышает теплоемкость материала, позволяя препятствовать распространению теплового движения молекул, тем самым предотвращая перегрев внутренних систем проектируемого объекта. В интервале температур от -150 до 150℃ наблюдается увеличение теплового сопротивления и теплоемкости с увеличением содержания Sc, при этом при данных температурах энтропия неизменна.

Ключевые слова: сплавы Al-Cu, Thermo-Calc, легирование.

Artemyeva V.S.
10th grade Student
MBOU Gymnasium No. 1
Russia, Monchegorsk
artemjeva.var@yandex.ru
Scientific Advisors: ***Kuzmenko E.D.***
Student
National Research Tomsk Polytechnic University
Russia, Tomsk
kuzmenko70egor@yandex.ru
Matrenin S.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Department of Materials Science, Engineering School of New Manufacturing Technologies
National Tomsk Polytechnic University
Russia, Tomsk

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ALLOYING ADDITIVES ON AL-CU ALLOYS IN THE TEMPERATURE RANGE FROM -150 TO 150℃

Abstact. In this work, the effect of Zr-Si-Sc alloying additives in Al-Cu alloys was studied. In the course of the work, it was found that the introduction of Sc ensures the achievement of optimal material properties. The paper simulates the properties: thermal resistance, entropy, and heat capacity of these alloys in the Thermo-Calc software package. It has been established that the thermal resistance increases with the introduction of Sc over a wide temperature range typical for the potential operation of the material. An increase in the Sc content causes a linear increase in thermal resistance and allows maintaining the structural integrity of the designed object at elevated temperatures. With a minimum Sc content, the highest entropy is achieved, characterizing the radiation resistance of the material; Reducing the Sc content increases the heat capacity of the material, allowing it to prevent the spread of thermal motion of molecules, thereby preventing overheating of the internal systems of the designed object. In the temperature range from -150 to 150 °C, an increase in thermal resistance and heat capacity is observed with an increase in Sc content, while at these temperatures the entropy remains unchanged.

Keywords: alloys of Al-Cu, Thermo-Calc, alloying.

Изучение легирующих добавок к сплавам Al-Cu выявило значительное влияние на их механические свойства, микроструктуру и электропроводность. Различные легирующие элементы, такие как медь (Cu), магний (Mg) и другие, улучшают характеристики алюминиевых сплавов и делают их пригодными для различных применений. Так, включение Cu и Mg в сплавы Al приводит к значительному увеличению предела текучести, причем этот показатель превышает 250% для сплавов Al-Cu-Mg и 500% для состаренных сплавов Al-Cu-Mg [1, 2]. Добавление таких элементов, как Ni и Zr, также повышает прочность на растяжение, особен-

но в определенных комбинациях сплавов, что свидетельствует об эффективности специально разработанных стратегий легирования [3]. Однако в литературе недостаточно раскрыты данные по тепловым свойствам данных материалов.

Влияние добавки Sc на сплавы Al-Cu:

Добавление скандия (Sc) в сплавы Al-Cu было тщательно изучено из-за его значительного влияния на микроструктуру, механические свойства и термическую стабильность. В этом разделе представлен всесторонний анализ влияния добавления Sc, подкреплённый результатами соответствующих исследований.

Улучшение механических свойств

Прочность и Твердость

Добавление скандия значительно повышает предел текучести, предел прочности при растяжении и твёрдость сплавов Al-Cu. Например, в сплавах Al-4,5% Cu добавление скандия может повысить предел текучести на 120 МПа. [1]

Пластичность и ударная вязкость

Добавление Sc в целом повышает пластичность, особенно в мелкозернистых и ультрамелкозернистых сплавах Al-Cu. Это улучшение объясняется повышенной способностью накапливать дислокации и уменьшением межзеренного разрушения. [2,3]

Термическая стабильность

Термическая стабильность сплавов Al-Cu-Sc повышается за счёт образования термически стабильных дисперсных частиц Al3Sc и подавления укрупнения θ′-Al2Cu-выделений. Это делает сплавы, содержащие Sc, пригодными для высокотемпературных применений [4,5].

Задачи:

- Выбор оптимального состава материала на базе существующих сплавов;
- Моделирование поведения материала при тепловом воздействии;
- Моделирование свойств материала в зависимости от содержания легирующих элементов;

В ходе работы было проведено моделирование свойств алюминиевых сплавов с медью и введением следующих легирующих добавок: Zr, Sc, Si. Моделирование осуществлялось в программном комплексе Thermo-Calc. Для исследования был выбран сплав следующего состава: 94% Al – 5% Cu – 1% легирующая добавка.

В результате проделанной работы установлено, что при введении легирующих элементов Zr, Si, Sc наблюдается повышение теплового сопротивления материала. При этом данный параметр возрастает в последовательности: Zr-Si-Sc, рисунок 1.

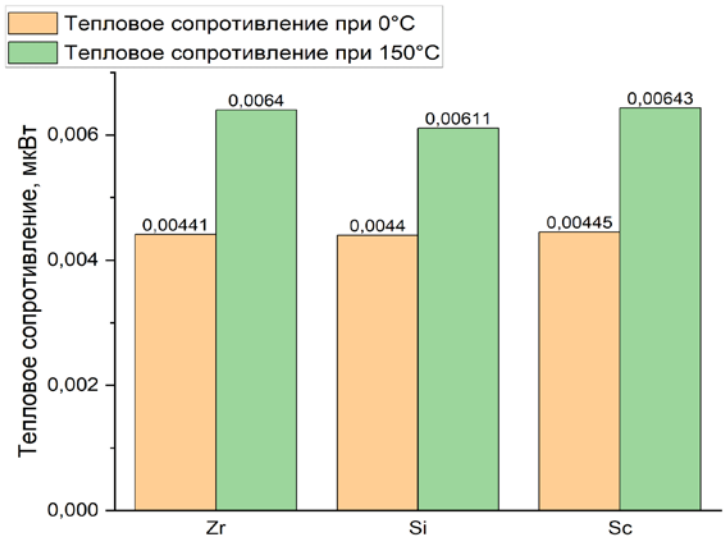


Рис. 1. Зависимость теплового сопротивления от легирующей добавки

При введении Sc наблюдается наибольший показатель теплового сопротивления, что обуславливает перспективу его дальнейшего исследования. При введении большего количества Sc наблюдается увеличение теплового сопротивления. Зависимость теплового сопро-

тивления от содержания Sc линейная. Повышение содержания Sc позволяет сохранить конструкционную целостность проектируемого объекта при повышенных температурах. Однако при этом при исследовании энтропии было установлено, что с последующим увеличением содержания Sc данный параметр уменьшается, рисунок 2.

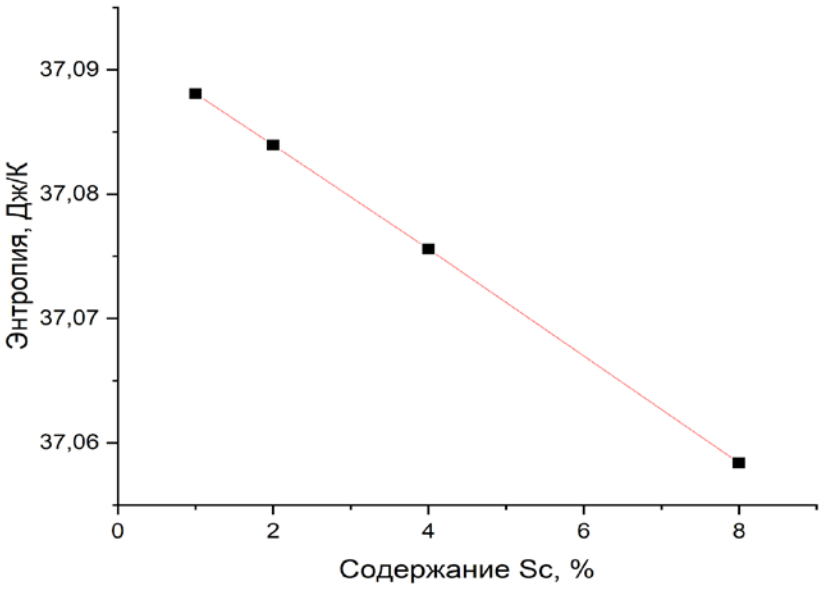


Рис. 2. Зависимость энтропии сплава от содержания Sc

Зависимость энтропии от содержания Sc линейная. При минимальном содержании Sc достигается наибольшая радиационная стойкость материала, за счет оптимального энергетического барьера. В ходе работы было установлено, что теплоемкость материала изменяется по схожей зависимости с энтропией. Снижение содержания Sc позволяет препятствовать распространению теплового движения молекул, тем самым предотвращая перегрев внутренних систем проектируемого объекта. При исследовании материалов в характерном температурном диапазоне для их эксплуатации от -150℃ до 150℃ было установлено, что при минимальных температурах наблюдается повышенное тепловое сопротивление. При этом на всем температурном диапазоне с увеличением содержания Sc тепловое сопротивление возрастает. В данном температурным диапазоне проведено исследование теплоемкости материала, рисунок 3.

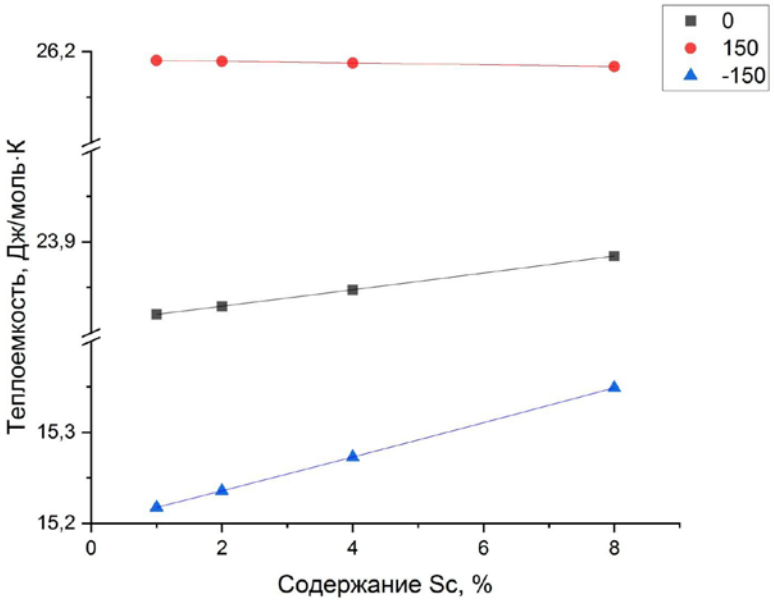


Рис. 3. Зависимость теплоёмкости от содержания Sc при различных температурах

Установлено, сто при температурах 0℃ и 150℃ с увеличением содержания Sc теплоемкость возрастает, а при -150℃ теплоемкость неизменна при любом содержании Sc. Аналогичная ситуация наблюдается во всем температурном диапазоне исследования для энтропии материала.

Тепловое сопротивление возрастает в ряду: Zr-Si-Sc и достигает наибольшего значения при введении 1% Sc;

Тепловое сопротивление при введении Sc возрастает в широком интервале температур, характерных для потенциальной эксплуатации материала;

При повышенных температурах, вплоть до критических наблюдается снижение теплового сопротивления при введении Si;

Повышение содержания Sc вызывает линейное увеличение теплового сопротивления и позволяет сохранить конструкционную целостность проектируемого объекта при повышенных температурах;

При минимальном содержании Sc достигается наибольшая энтропия, характеризующая радиационную стойкость материала;

Снижение содержания Sc повышает теплоемкость материала, позволяя препятствовать распространению теплового движения молекул, тем самым предотвращая перегрев внутренних систем проектируемого объекта.

В интервале температур от -150 до 150℃ наблюдается увеличение теплового сопротивления и теплоемкости с увеличением содержания Sc, при этом при данных температурах энтропия неизменна.

Список литературы

1. Effect of Sc and Zr additions on the microstructure/strength of Al-Cu binary alloys / T. Dorin, M. Ramajayam, J. Lamb [et al.] // Materials Science and Engineering A-Structural Materials Properties Microstructure and Processing. 2017. N. 707. – P. 58–64. https://doi.org/10.1016/J.MSEA.2017.09.032

2. Length-scale dependent microalloying effects on precipitation behaviors and mechanical properties of Al–Cu alloys with minor Sc addition / L. Jiang, J. K. Li, J. Liu [et al.] // Materials Science and Engineering A-Structural Materials Properties Microstructure and Processing. 2015. N. 637. – P. 139–154. https://doi.org/10.1016/J.MSEA.2015.04.035

3. Effects of minor Sc addition on the microstructure and mechanical properties of 7055 Al alloy during aging / G. Teng, C. Y. Liu, Z. Y. Ma [et al.] // Materials Science and Engineering A-Structural Materials Properties Microstructure and Processing. 2018. N. 713. – P. 61–66. https://doi.org/10.1016/J.MSEA.2017.12.067

4. Solute repositioning to tune the multiple microalloying effects in an Al–Cu alloy with minor Sc, Fe and Si addition / Y. Gao, L. Cao, J. Kuang [et al.] // Materials Science and Engineering A-Structural Materials Properties Microstructure and Processing. 2021. N. 803. – P. 140509. https://doi.org/10.1016/J.MSEA.2020.140509

5. Tang P. Effect Mechanism of Sc Addition and T6 Heat Treatment on Precipitated Phase and Mechanical Properties of Al-Cu-Mn Alloy / P. Tang // Physica Status Solidi A-Applications and Materials Science. 2023. V. 220, N. 15. https://doi.org/10.1002/pssa.202300190

Научное электронное издание

СМиС-2025. ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Материалы Международной научно-технической конференции
(Россия, Москва, 21–24 мая 2025 г.)

SMaC 2024. QUALITY MANAGEMENT TECHNOLOGIES

Proceedings of the International Scientific and Technical Conference
(Moscow, May 21–24, 2025)

Составители: **Адылина** Анна Петровна**, Клочкова** Дарья Андреевна

Разработано с помощью программного обеспечения
Microsoft Office Word, Adobe Acrobat Pro

Издается в авторской редакции

Ответственный за выпуск *А.В. Куркова*
Компьютерная верстка: *Ю.С. Акульшина*

Подписано к использованию 11.08.2025
Объем издания 29,0 Мб. Тираж 50. Заказ № 46/25

Издательство Московского Политеха
107023, Москва, Большая Семёновская, 38
www.mospolytech.ru; e-mail: izdat.mospolytech@yandex.ru