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

СМиС-2024. ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Материалы
Международной научно-технической конференции

(Россия, Москва, 22–24 мая 2024 г.)

SMaC 2024. QUALITY MANAGEMENT TECHNOLOGIES

Proceedings
of the International Scientific and Technical Conference

(Russia, Moscow, May 22–24, 2024)

Составители: А.П. Адылина, А.И. Чернявский

Текстовое электронное издание

Москва
2024

Об издании 1, 2

УДК 658.5(082)
ББК 30.607
С50

Рецензенты:
Г.И. Грозовский, д.т.н., профессор, заместитель генерального директора АО «НТЦ «Промышленная безопасность»;
Р.З. Хайруллин, д.ф.-м.н., с.н.с., в.н.с. 12 научно-исследовательского отдела ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

С50 **СМиС-2024. Технологии управления качеством = SMaC 2024. Quality Management Technologies:** материалы Международной научно-технической конференции (Россия, Москва, 22–24 мая 2024 г.) = Proceedings of the International Scientific and Technical Conference (Russia, Moscow, May 22–24, 2024) / сост.: А.П. Адылина, А.И. Чернявский. – Москва: Московский Политех, 2024. – 1 CD-R. – Загл. с титул. экрана. – Текст: электронный.
ISBN 978-5-2760-2861-3.

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 978-5-2760-2861-3 © Московский Политех, 2024

Содержание

ВВЕДЕНИЕ 12

Секция 1. СТАНДАРТИЗАЦИЯ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА

Панов А.Н., Ерофеев М.Н., Ромашова Е.Ю.
СОЗДАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ РИСКОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ. СНИЖЕНИЕ УГРОЗ В УСЛОВИЯХ ПЛАНЕТАРНОЙ ЭКОНОМИКИ 13

Пукирев В.А.
ПРОБЛЕМАТИКА В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ 19

Ермакова С.А.
МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ НЕВОЛОКНИСТЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ОБЪЕКТАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ 28

Клочков А.Я., Морозов А.С., Честных А.Р., Клочков Я.М., Кудряшова Д.А.
СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ 36

Тараскина П.А.
ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ И СОДЕРЖАНИЮ МЕТОДИКИ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ 43

Кассай Н.А., Савостикова О.Г.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН НЕСООТВЕТСТВИЯ КООРДИНАТ РАСПОЛОЖЕНИЯ КОЛОДЦЕВ В КОРПУСЕ ПРА ТРЕБОВАНИЯМ ЧЕРТЕЖА 48

Натахина О.А.
РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОРЯДКУ ПРОВЕДЕНИЯ АТТЕСТАЦИИ МЕТОДИК (МЕТОДОВ) ИЗМЕРЕНИЙ 53

Михно А.А.
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ВСТАВКИ ПРЕСС-ФОРМЫ 58

Мешкова А.Е.
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ ДЛЯ ГАЗОАНАЛИЗАТОРА OXYBABY M+ ДЛЯ O_2/CO_2 64

Секция 2. МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

То Мань Хунг, Адылина А.П., Тран Ван Чиен
ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ВЫРАЩЕННЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ СТАЛЕЙ 12Х18Н10Т И 15Х25Т 71

Пинахин И.А., Гончаров В.М., Ягмуров М.А.
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ ФОСФОГИПСА 80

Лоозе В.В., Заграничек К.Л.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РЕЛЬСОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ И ОБЪЁМНОЙ ЗАКАЛКИ, ЗАКЛАДЫВАЕМЫХ НА ДЛИТЕЛЬНОЕ ХРАНЕНИЕ 86

Колпаков В.И., Корнеев И.С.
МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЕРХСКОРОСТНОГО РЕЗАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ 93

Чуликова Ж.Е., Овчинников В.В.
ЖАРОПРОЧНОСТЬ СТАЛИ 08Х18Н10Т ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СТАРЕНИЯ 99

Кушнир И.С., Левина Т.А., Адылина А.П.
ОБЗОР СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ИЗ ПЕРЕРАБОТАННЫХ ПЛАСТМАССОВЫХ ОТХОДОВ..... 105

Клочков Я.М., Овчинников В.В.
ВЛИЯНИЕ ЦИРКОНИЯ И СКАНДИЯ НА СВАРИВАЕМОСТЬ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ Al–Ca–Zn–Mg 114

Дмитрашко П.С., Сбитнев А.Г.
ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРИСАДОЧНОГО МЕТАЛЛА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЛИТ СПЛАВА 1565ЧМ 120

Антипин Я.А., Ромашов Н.С., Овчинников В.В.
НЕЙРОСЕТИ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ 127

Малютин К.В., Овчинников В.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЛАЗЕРНОЙ ПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ СТАЛИ 08Х14Н5М2ДЛ НА ФОРМИРОВАНИЕ НАНЕСЕННЫХ ВАЛИКОВ 134

Олефиренко Н.А., Овчинников В.В.
КОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЯ ИЗ СТАЛИ 30ХГСА, НАПЫЛЕННОГО НА СТАЛЬ 45 147

Поляков Д.А.
СВАРКА ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1565Чм ИНСТРУМЕНТОМ БОББИН ТУЛ 153

Растопчин Р.Н., Овчинников В.В.
ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МАГНИЯ И СКАНДИЯ В ПРИСАДОЧНОЙ ПРОВОЛОКЕ НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЛИТ СПЛАВА 1565ЧМ 161

Резцов Р.Б., Овчинников В.В.
ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ШТИФТА ИНСТРУМЕНТА ПРИ СВАРКЕ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ НА КАЧЕСТВО СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ СПЛАВА 1565Ч 169

Слезко М.Ю., Овчинников В.В.
ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИИОННЫМ ПУЧКОМ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ СПЛАВА ВТ1-0 175

Смирнов С.В., Овчинников В.В.
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОЕДИНЕНИЯ ИГОЛКИ С ПЛАСТИНОЙ ПРИ КОНТАКТНОЙ СВАРКЕ ПО СХЕМЕ «КРОМКА ОТВЕРСТИЯ» 184

Доан Суан Куанг, Нгуен Минь Тыонг
ОБРАЗЕЦ КОРСЕТНОГО ТИПА ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ОДНООСНОЙ ОСАДКИ 193

Nguyen Minh Thu, Nguyen Thanh Tung, Nguyen Quang Liem, Nguyen Nhat Linh
FABRICATION OF AU NANOPARTICLES IN POLYVINYL ALCOHOL BY COLD PLASMA 199

Секция 3. ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА

Зорин С.М., Николаева М.В.
ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА БОРТОВОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ДЗЗ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА 205

Корнеева В.М., Барзов А.А., Моисеев В.А., Корнеев И.С.
ПРЕДИКТИВНО-КВАЛИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТИВНОЙ ПАТЕНТОСПОСОБНОСТИ ИННОВАЦИЙ ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ..... 214

Егоров М.К., Козлова А.В.
ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ ПРОДУКЦИИ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КАК ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА 219

Барзов А.А., Корнеева В.М., Корнеев И.С., Сеина Я.Д.
ЭКСПЕРТНО-КРИТЕРИАЛЬНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ИННОВАЦИЙ ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ (НА ПРИМЕРЕ НКИ) 224

Гришина Т.Г., Бекасова Е.Н.
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ЕГО ВКЛАД В ФОРМИРОВАНИЕ И МОДЕРНИЗАЦИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ..... 229

Кулагин А.К.
ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ 235

Феофанов А.Н., Левшина А.С.
ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СЛОЖНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ НА КАЧЕСТВО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ..... 239

Исаев Р.А.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ СОВМЕСТНО С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ: ИНТЕГРАЦИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ 244

Снимщиков С.В., Саврасов И.П.
ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЧТЕНИЯ ДОКУМЕНТОВ ПРОГРАМНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ..... 250

Юдин Д.В.
ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРИПУСКА, УДАЛЯЕМОГО ПРИ ОБРАБОТКЕ РЕЗАНИЕМ, ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ 257

Ле Чунг Зунг
АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО И ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В ШЕЙКЕ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ НА РАСТЯЖЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ОБРАЗЦА 262

Шпандарук В.А.
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РАСЧЕТА ТРУДОЕМКОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСНОЙ ДЕТАЛИ НА ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ ПО МЕТОДУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА МАТЕРИАЛА, СРЕЗАЕМОГО ИНСТРУМЕНТОМ..... 267

Пасхин К.Д.
СПЕЦИФИКА ТЕКСТА МАШИНОЧИТАЕМОГО СТАНДАРТА 273

Смелов В.Ю., Шпер В.Л.
ТЕХНОЛОГИЯ КАЧЕСТВА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ..... 281

Бауманис А.В.
ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЗНАЧЕНИЙ ИНДЕКСОВ ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ ПРОЦЕССОВ ПО ТАГУТИ..... 290

Красова А.В.
АНАЛИЗ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГАЗОБЕТОНА МЕТОДОМ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК 296

Кучаева Е.А., Адылина А.П.
ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА КАЧЕСТВО ДЕТАЛЕЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ SLM-МЕТОДОМ..... 302

Tran Van Chien, To Manh Hung, Adylina A.P.
TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE ELECTROCHEMICAL METHOD AFFECTING THE MACHINING OF THE INSIDE SPIRAL GROOVE OF THE CYLINDER TUBE 307

Зубарев А.С.
КОМПЛЕКС МЕТОДОВ И ИНСТРУМЕНТОВ КАЧЕСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕР (НАСТРОЕЧНЫХ ОБРАЗЦОВ) ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ..... 315

Le Van Dam
STATIC ANALYSIS OF FG-CNTRC CYLINDRICAL SHELL WITH DIFFERENT BOUNDARY CONDITIONS USING HIGHER-ORDER SHEAR DEFORMATION THEORY TYPE QUASI-3D..... 324

Phung Xuan Son, Vu Thi Hue
CALCULATION AND DESIGN OF 3-DIRECTIONAL MOVEMENT JIG X, Y, Z 339

Phung Xuan Son, Vu Thi Hue
RESEARCH, CALCULATION, DESIGN, MANUFACTURING OF LIQUID CO_2 INJECTOR SET 350

Шульц О.А., Левина Т.А.
ИССЛЕДОВАНИЕ SAAS-ИНСТРУМЕНТОВ С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ В IT-КОМПАНИЯХ 360

Секция 4. АВТОМАТИКА И РОБОТОТЕХНИКА

Далечин А.С.
ФРАГМЕНТ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ КОМПОНОВКИ ДВУХСТОРОННЕГО АГРЕГАТНОГО СТАНКА 367

У Цюе, Рачков М.Ю., Адылина А.П.
АВТОНОМНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МОБИЛЬНЫЙ РОБОТ 373

Малкаров А.Ю., Архипов М.В., Матросова В.В.
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА В ЗАДАЧАХ АЛГОРИТМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯЦИОННЫМИ РОБОТАМИ ПРИ СБОРКЕ ДЕТАЛЕЙ СПОСОБОМ СОЕДИНЕНИЯ ВАЛ-ВТУЛКА 379

Мавлютов Э.Р.
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПО API ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ И СТОРОННИХ СИСТЕМ 385

Горобец Ю.А., Левина Т.А.
АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ КОМПЛЕКТОВАНИЕ ПРОДУКЦИИ В СТРУКТУРЕ МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ ПОСТАВОК 391

Секция 5. ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Eshev A.S., To'rayeva J.S.
INCREASING THE COMPETITIVENESS OF AGRICULTURAL PRODUCTS AND ITS STRATEGIC APPROACHES 395

Лоозе В.В., Орловцева О.А., Привалов В.И., Никитин И.А.
ИЗУЧЕНИЕ ФОРМ СВЯЗИ ВЛАГИ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ МЕТОДОМ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА 398

Богданчиков И.Ю., Митрофанов С.В., Ананичева Е.П.
СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ УТИЛИЗАЦИИ СОЛОМЫ ПО РАСХОДУ ТОПЛИВА 406

Клочков Я.М., Кудряшова Д.А.
УПРАВЛЕНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ В АПК 413

Клочков А.Я., Чернявский А.И., Клочков Я.М., Кудряшова Д.А.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ СЕНСОРНЫХ КОМПОНЕНТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ 420

Nguyen Thi Hai, Luu Thi Thao
STUDY OF FACTORS AFFECTING URBAN LAND PRICES IN LUONG SON DISTRICT, HOA BINH PROVINCE (STUDY IN LUONG SON TOWN) 428

Nguyen Thi Hai, Pham Thanh Que, Nguyen Duc Anh, Nguyen Thi Kim Oanh
EVALUATION OF LAND USE RIGHTS AUCTION WORK IN MOC CHAU DISTRICT, SON LA PROVINCE 440

Tran Van Tuong, Do Tuan Anh
DETERMINING PRODUCTIVITY AND PRODUCTION COSTS OF CHAINSAW HUSQVARNA 353 USED FOR FELLING *ACACIA MANGIUM* PLANTATION IN VIỆT NAM 453

Михайлов Д.Н.
РАЗРАБОТКА КОНТЕЙНЕРНОГО СПОСОБА ХРАНЕНИЯ СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ 460

Секция 6. СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ КОМПАНИЙ

Серебров А.А.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕСА ЗА СЧЕТ УПРАВЛЕНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ 466

Румянцева Н.В., Бардинова С.Н.
ПОДГОТОВКА ПЕРСОНАЛА ОРГАНИЗАЦИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ 470

Бушева А.Г.
ФОРМУЛИРОВКА СПИСКА ЗАДАЧ, ДЛЯ РЕШЕНИЯ КОТОРЫХ ПРИВЛЕКАЮТСЯ ЭКСПЕРТЫ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ 474

Привалов А.В.
ЦИФРОВАЯ МАРКИРОВКА АВИАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИМУЩЕСТВА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА 481

Привалов А.В.
МЕТОДИКА РАСЧЁТА СТРАХОВОЙ СТОИМОСТИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ И ОСНОВНЫХ АГРЕГАТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ИСХОДЯ ИЗ ПОДХОДА ДЕКОМПОЗИЦИИ ОСНОВНЫХ СИСТЕМ И АГРЕГАТОВ 487

Левина Т.А., Грозовский Г.И., Макушкин А.С.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ 492

Ажимгереева А.Б., Алдабергенова С.С., Юрченко А.В.
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ 497

Ситникова М.Н.
РЕАЛИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ФУНКЦИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ В АО «ОДК» 502

Асадулин Е.О., Стрюков Р.А., Макаров С.А.
ВНУТРЕННИЙ АУДИТ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ВОВЛЕЧЕННОСТИ ПЕРСОНАЛА 507

Сафонова О.М., Лонцих П.А.
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В СИСТЕМАХ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ 512

Лонцих П.А., Головина Е.Ю., Федотова А.В. Евлоева М.В., Лонцих Н.П.
СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ В КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ 519

Абророва З.М.
ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА В ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ 526

Прыткова Е.А., Давыдов В.М.
ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ РЕИНЖИНИРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ 533

Яковлева А.С.
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕГУЛЯРНОГО МЕНЕДЖМЕНТА 538

Шацкий Н.В., Уланова А.В., Орлова Е.С.
СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ КОМПАНИИ ОАО «КЗХ «БИРЮСА» 545

Чернявский А.И., Левина Т.А., Виноградов С.А., Клочков А.Я.
ДОСТИЖЕНИЕ ОПЕРАЦИОННОГО СОВЕРШЕНСТВА С ПОМОЩЬЮ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА 553

Кудряшова Д.А.
МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ 558

Tran Van Chien
RESEARCH ON APPLICATION OF MULTI-CHANNEL MEASUREMENT SYSTEM TO SURVEY EXPLOSION WAVES IN WATER ENVIRONMENT 564

Шабанова Д.Н.
ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД КАК ИНСТРУМЕНТ ИНТЕГРАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ 571

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-2024. Технологии управления качеством», состоявшейся 22−24 мая 2024 г. В конференции участвовали представители шести стран: России, Вьетнама, Казахстана, Узбекистана, Израиля 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 шести секциям:

- «Стандартизация и метрологическое обеспечение производства»; содержит 9 статей;
- «Металлургия и материаловедение новых материалов» – 18 статей;
- «Технологии и инновации в области качества» – 23 статьи;
- «Автоматика и робототехника» – 5 статей;
- «Инновационные решения для агропромышленного комплекса» − 9 статей;
- «Системы менеджмента качества и устойчивое развитие компаний» − 20 статьей.

Все 84 статьи 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. СТАНДАРТИЗАЦИЯ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА

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.
аспирант, младший научный сотрудник
ИМАШ РАН
Россия, Москва
romashova@imash.ru

СОЗДАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ РИСКОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ. СНИЖЕНИЕ УГРОЗ В УСЛОВИЯХ ПЛАНЕТАРНОЙ ЭКОНОМИКИ

Аннотация. Для машиностроения возникли условия глобальной угрозы планетарной неконкурентоспособности по критерию «качество-цена». Парадигмы детерминированного, статистического, вероятностного подхода, допускового мышления в машиностроении, машиноведении не адекватны как планетарному развитию экономики, так и для реализации провозглашенных стратегий развития РФ (Федеральные законы и т.д.) и использованию рискориентированного подхода, а также мышлению на основе рисков (ISO 31000, и др.). В развитии прочностного и ресурсного проектирования потребовалось создание новой методологии, основанной на парадигме рискориентированного мышления. В статье представлены решения научно-методического обеспечения машиноведения и машиностроения и их стандартизации и метрологического обеспечения жизненного цикла объектов машиностроения, основанные рисках. Разработаны: определения терминов; методология рискориентированного представления жизненного цикла социотехнических систем (рискориентированное проектирование и т.д.). Создана соответствующая система: моделей, новые виды конструкторско-технологических документов; технических характеристик – идентификатор значимости – величины ущерба. Предложенная методология положена в основу разработки серии государственных, межгосударственных стандартов для рискориентированного жизненного цикла техники в машиностроении.

Ключевые слова: методология, проектирование, жизненный цикл, риски, угрозы, процессы, машиностроение.

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.
Postgraduate Student, Junior Researcher
IMASH RAS
Russia, Moscow
romashova@imash.ru

CREATION OF A RISK-BASED DESIGN METHODOLOGY FOR LIFE CYCLE MECHANICAL ENGINEERING OBJECTS. REDUCING THREATS IN A PLANETARY ECONOMY

Abstract. For mechanical Engineering, conditions have arisen of a global threat of planetary non-competitiveness according to the "quality-price" criterion. The paradigms of the deterministic, statistical, probabilistic approach, tolerance thinking in mechanical Engineering, mechanical Engineering are not adequate both for the planetary development of the economy and for the implementation of the proclaimed development strategies of the Russia, Federation (Federal laws, etc.) and the use of a risk-oriented approach, as well as thinking based on risks (ISO 31000, etc.). The development of strength and resource design required the creation of a new methodology based on the paradigm of risk-oriented thinking. The article presents solutions for scientific and methodological support of mechanical science and mechanical Engineering and their standardization and metrological support for the life cycle of mechanical Engineering objects, based on risks. Developed: definitions of terms; methodology for a risk-based representation of the life cycle of sociotechnical systems (risk-based design, etc.). An appropriate system has been created: models, new types of design and technological documents; technical characteristics – identifier of significance – amount of damage. The proposed methodology forms the basis for the development of a series of state and interstate standards for the risk-oriented life cycle of equipment in mechanical Engineering.

Keywords: methodology, design, life cycle, risks, threats, processes, mechanical Engineering.

Многокритериальное обоснование развития методологии и моделей управления рисками в машиностроении. Комплексный анализ теории и практики проектирования и изготовления технических и технологических систем (ТТС), рассмотренный, на примере автомобильной промышленности, тракторостроения, сельскохозяйственного, погрузочно-транспортного, карьерного, электротранспортного и специального машиностроения, принятых в странах СНГ, ЕАЭС и за рубежом, выявил системные проблемы и закономерности, не позволяющие традиционными методами и существующей инженерной практикой при создании ТТС обеспечить требуемое эффективное соотношение «цена-качество-сроки поставки» для достижения малых вероятностей (например, 3-100 миллионные доли) несоответствий. Причины – использование комплекса моделей, методов и средств, не адекватных концепции управления рисками и затратами, возникающими в жизненно

цикле ТТС. Поэтому разработка и внедрение методологии системного исследования, планирования и обеспечения надежности и безопасности и рисков машин, в частности ММ при оптимальных затратах на их производство и эксплуатацию является важнейшей научной и практической проблемой [1-7]. Традиционная, сложившаяся как в мире система разработки техники основана на единой системе проектирования продукции и процессов изготовления, обслуживания, ремонта и отчасти утилизации. Система включает правила разработки и оформления документации, в том числе назначения номинальных размеров, полей допусков, влияющих на функционирование, прочность и т.д. Введение вероятностных характеристик и связанных с этим ущербов позволяет получить параметры новой платформы рискориентированного подхода. В целом платформа рискориентированного подхода в настоящее время в мире системно недостаточно подкреплена методологией связи последствий рисков с первопричинами – характеристиками продукции и процессов изготовления и эксплуатации [1-7]. Основными причинами этого являются: недостаточно развитый терминологический аппарат качества, надежности и т.п. (ГОСТ 16504, ГОСТ 15467, ГОСТ 22732, ISO 9000, ГОСТ 27.002–89, ГОСТ 27.002–2016 и др.), в частности, в связи с определением термина «риск» («воздействие неопределенности»); несбалансированность систем и целей, а также недостаточная разработанность методологий и моделей на базе рискориентированного подхода [1-4].

Выдвинута гипотеза о том, что достижение максимума результативности и эффективности при приемлемом риске несоответствий при создании и применении ТТС возможно в рамках жизненного цикла ТТС на основе оптимизации нормирования и затрат на качество, включая надежность и безопасность [3, 4]. В настоящее время в машиноведении накоплены значительные базы данных и базы знаний глубинных причинно-следственных связей несоответствий для III–IV технологических укладов, появляются новые знания и для V, VI. [1-6]. Наличие базы знаний дает возможность определить, в том числе приоритетные для последствий с позиции величины потенциального ущерба, первопричины отказов (рис. 1).

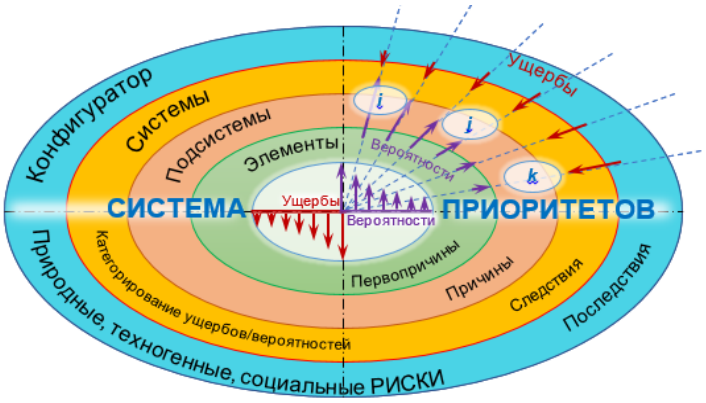


Рис. 1. Модель управления рисками – «вероятностью первопричины в зависимости от ущерба для конфигуратора/ интегрального ущерба»

В результате проведенных исследований сформулированы предложения по развитию рискориентированного проектирования и метрологического обеспечения. Разработаны [1-4, 8] модели рискориентированного подхода для достижения приемлемой степени соответствия выходов процессов проектирования и изготовления целям потребителя и поставщика на основе обеспечения робастности процессов, оптимизации вариаций процессов и измерительной системы. Для результативного применения рискориентированного проектирования в машиностроении предложено [3, 4, 8] системно развить четыре базовых положения. Во-первых, введение в конструкторско-технологической документации (наряду с полем допуска) идентификаторов значимости (приоритетности) характеристик для заинтересованных сторон. Во-вторых, проведение анализа корневой причины отказов (с учетом приоритетности) до уровня декомпозиции первопричины (источника), определяемой актуальным на момент проектирования знанием науки, техники и технологий. В-третьих, осуществление анализа процессов жизненного цикла машины/продукции по сценариям угроз для идентификации уязвимости техники, технологии и возможных ущербов. В-четвертых, установление критериев недостижения соответствия типа продукции по качеству, надежности, безопасности требованиям заинтересованных сторон: «ущерб–вероятность», «достижение приемлемого риска». Уровень неуязвимости технических систем (номинальных значений и оптимальной вариации характеристик) можно добиться путем управления рисками первопричин – источников) (рис. 1). Для этого предлагается ввести дополнительные группы конструкторско-технологических документов: «перечень приоритизации характеристик», «планы управления рисками продукции /процессов» (в ЖЦ, начиная с этапа концепции), «карты потоков рисков процесса», «анализ достижения приемлемых рисков продукции и процессов» и др. [3, 4, 8].

Для реализации рискориентированного проектирования предложены [3, 4, 8]: а) модель «вероятность–ущерб» (рис. 2); б) на основе идентифицированной значимости приоритета (ущерба) для адекватного управления рисками измерительных систем [3, 4] разработана модель оптимизации выбора типа измерительной системы и ее вариации (рис. 3) [3-8]; в) модель идентификации «значимости приоритета характеристики» в конструкторско-технологической документации в дополнении к номинальной величине и полю допуска (рис. 4) [3, 4]; г) модель идентификации приоритетных цепей причинно-следственных связей источников отказов «подсистема–элемент–первопричина» на основе менеджмента знаний (рис. 1, 2, 3) [3, 4]; д) матрица выбора (Матрица Панова–Менделеева) [3, 4, 8] статистических и др. методов при тиражировании продукции [3, 4]; е) модель оптимальной связи значимости ущерба и вероятности событий с учетом изменения уровня знаний [3, 4]; ж) модель оптимизации затрат на достижение требуемых знаний на проведение НИР и ОК(Т)Р [3, 4, 8]; з) модель оптимизации эффективности для организации в проектах и для конечного потребителя в жизненном цикле продукции. Использование системы идентификации приоритетов и

оптимизации вариации (рис. 1− 4) позволяет снизить себестоимость продукции и эксплуатационные затраты [3, 8].

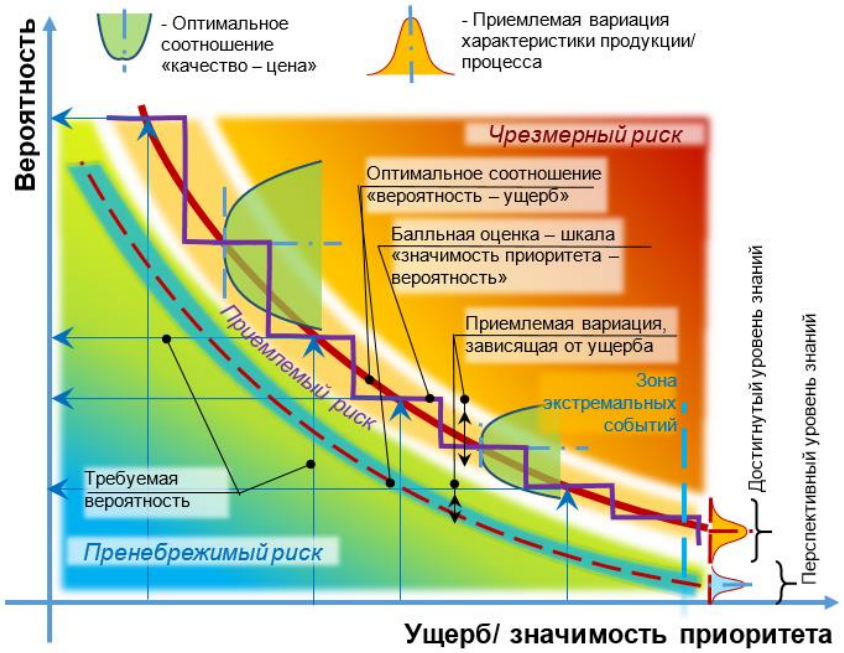


Рис. 2. Фундаментальная шестикомпонентная модель оптимизации зависимостей: «вероятность – ущерб», «качество – цена», «вариация – ущерб», «вероятность событий – изменение уровня знаний». Шкала значимость приоритета – вероятность» для продукции/процесса

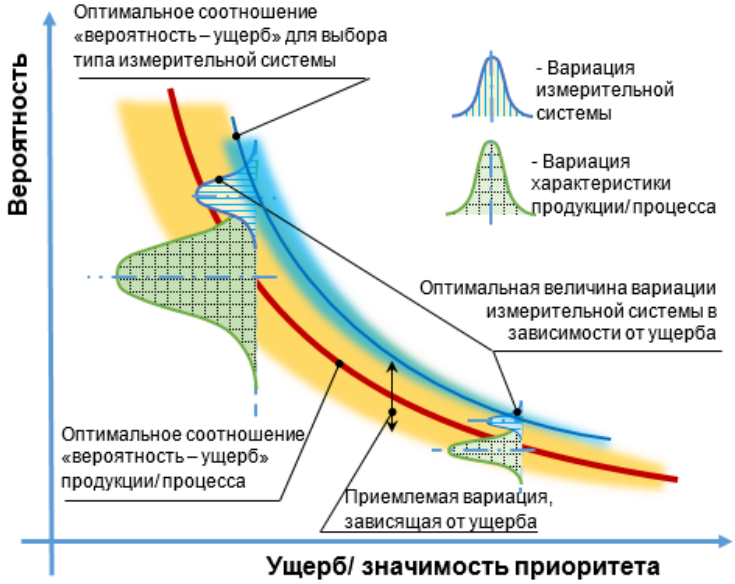


Рис. 3. Фундаментальная модель оптимизации выбора типа измерительной системы и ее вариации в зависимости от ущерба при рискориентированном мышлении

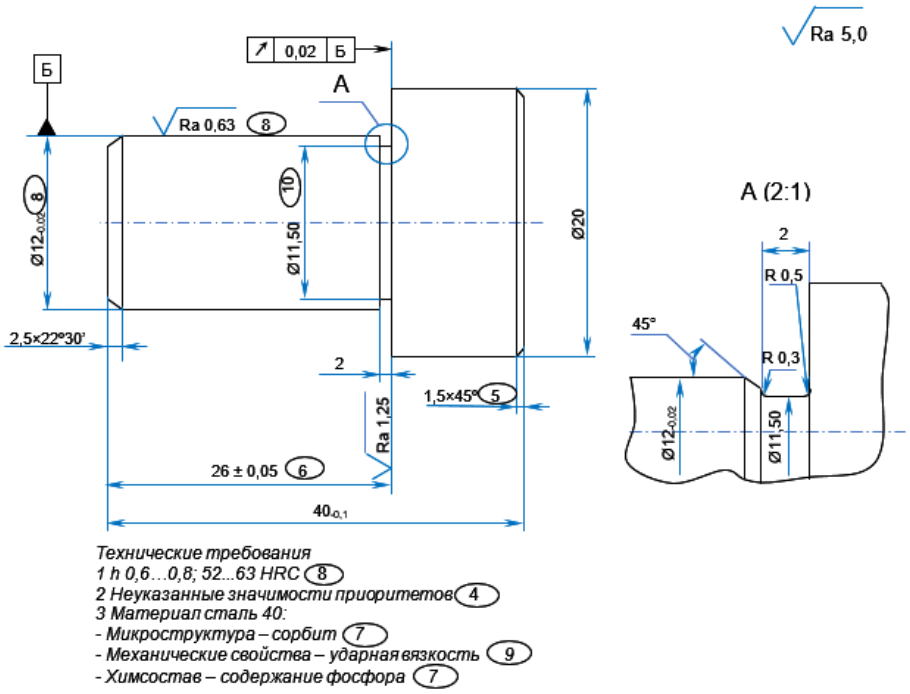


Рис. 4. Пример установления требований для управления рисками по приоритетам в конструкторской, технологической и эксплуатационной документации с указанием значимости последствий

Разработанные методология и модели рискориентированного проектирования жизненного цикла объектов машиностроения направлены на устранение основных проблем: неконкурентоспособный уровень качества; низкая эффективность и производительность труда, технологическая зависимость. Созданные методология позволяет управлять рисками технических и технологических систем на основе системной взаимосвязи категорирования последствий отказов и научно-технической базы знаний путем введения в конструкторско-технологическую документацию характеристики идентификаторов классификации значимости последствий. Развито методическое обеспечение для управления конструкторско-технологическими рисками в рамках рискориентированного проектирования процессов тиражирования (изготовления/ ремонта), в основе которого модели «вероятность – ущерб/ значимость приоритета», оптимизации затрат на управление рисками, оптимизации эффективности в жизненном цикле продукции, метрологического обеспечения, а также методика идентификации значимости приоритета технической характеристики в конструкторской и технологической документации.

Разработанные модели рискориентированного проектирования и метрологического обеспечения применены при создании государственных и межгосударственных стандартов: СТБ 16949/проект ГОСТ 16949-2023 (производство мобильной техники), СТБ В 15.004 (производство обороной продукции), СТБ 1505(применение методов теории вероятности и математической статистики для методологии управления рисками), СТБ 1506 (методики анализа рисков), СТБ 2450 (риски метрологического обеспечения), СТБ

2484 (риски в цепи поставок), СТБ 2582 (методология рискориентированного проектирования), учебных пособий, а также используются в практике (БелАЗ, МАЗ, Минский тракторный завод, Минский моторный завод, Гомсельмаш и др.) и цепей поставок.

Список литературы

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. Логвин В.А. и др. Технологическое обеспечение машиностроительного производства: Учебное пособие / Под ред. Ж. А. Мрочека. Минск: РИВШ, 2021. 560 с.: ил.

6. Арбузов В.И. и др. Основы системы менеджмента качества машиностроительного предприятия. Минск: Технопринт, 2000. 280 с.

7. Зорин В.А. Основы работоспособности технических систем: Учебник для вузов/ В.А. Зорин. М.: ООО «Магистр-Пресс», 2005. 536 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.

Пукирев В.А.
ведущий инженер
АО «МКБ «Факел»
Россия, Химки
pukirev@gmail.com
Научный руководитель: ***Ершов Д.С.***
к.т.н., доцент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
ershov.metrolog@mail.ru

ПРОБЛЕМАТИКА В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Аннотация. Отечественные промышленные предприятия, внедрившие (внедряющие) систему менеджмента качества (СМК) в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ

Р ИСО 9001, имеют схожие проблемы в области менеджмента качества, несмотря на возможное наличие различий в построении и функционировании СМК. В статье представлены основные проблемы в управлении качеством на отечественных промышленных предприятиях, рассмотрены подходы к типизации (схожести) проблем управления. Выделены основные типы проблем, связанные с анализом, интеграцией, совершенствованием системы управления качеством, оценкой выполнения установленных требований, вовлечением руководства и персонала. Оценены возможности привлечения консалтинговых компаний и консультантов с целью проработки и решения возникающих проблем, а так же совершенствования системы менеджмента качества. Рассмотрены основные этапы процесса оказания услуг по совершенствованию системы менеджмента качества сторонними организациями.

Ключевые слова: промышленные предприятия, система менеджмента качества, управление качеством, проблемы, типизация, консалтинг.

Pukirev V.A.
Senior Engineer
JSC "MKB Fakel"
Russia, Khimki
pukirev@gmail.com
Scientific Advisor: ***Ershov D.S.***
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ershov.metrolog@mail.ru

PROBLEMS IN QUALITY MANAGEMENT IN INDUSTRIAL ENTERPRISES

Abstract. Domestic industrial enterprises that have implemented (are implementing) a quality management system (QMS) in accordance with the requirements of GOST R ISO 9001 have similar problems in the field of quality management, despite the possible differences in the construction and functioning of the QMS. The article presents the main problems in quality management at domestic industrial enterprises, and considers approaches to typification (similarity) of management problems. The main types of problems related to the analysis, integration, improvement of the quality management system, assessment of compliance with established requirements, involvement of management and staff are highlighted. The possibilities of attracting consulting companies are evaluated and consultants in order to work out and solve emerging problems, as well as improve the quality management system. The main stages of the process of providing services to improve the quality management system by third-party organizations are considered.

Keywords: industrial enterprises, quality management system, quality management, problems, typification, consulting.

В настоящий момент многие отечественные промышленные предприятия имеют сертификат соответствия системы менеджмента качества

требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 9001, основным принципом которого является постоянное улучшение продукции, процессов и СМК в целом. Однако, основываясь на статистических данных промышленных предприя-

тий, необходимо отметить отсутствие долгосрочной положительной динамики показателей качества и несистемный характер улучшений [1]. Данный факт связан с наличием на предприятиях ряда определенных систематизированных проблем.

На промышленных предприятиях независимо от отраслевой принадлежности возникает большое количество проблем в управлении качеством.

Существуют разные подходы к типизации проблем в целом. Самой обобщающей является классификация, предложенная Г. Саймоном [2], согласно которой все проблемы подразделяются на три класса:

- неструктуризованные или качественно выраженные;
- слабоструктуризованные или смешанные;
- хорошо структуризованные или количественно сформулированные.

А.Г. Венделин [3] выделяет две категории проблем: проблемы улучшения деятельности и проблемы нахождения принципиально нового решения.

Другой подход к классификации проблем предлагается в работе Дж. Клира. В качестве признаков классификации используются степень формализации, характер проявления и степень связанности проблем. С.Л. Оптнер делит проблемы на качественные, количественные, смешанные (количественно-качественные) и слабоструктурированные.

Так же представляется следующая классификация проблем предприятий, представленная в таблице 1.

Таблица 1

Виды проблем предприятий

Проблемы профессионального управления	Производственно-экономические проблемы
Неправильное понимание сущности процесса управления. Неправильный стиль управления. Отсутствие надлежащего анализа эффективности систем управления. Отсутствие системы коммуникаций с персоналом и внешней средой. Неправильное применение информационных технологий и ПК. Неправильная организация труда и отдыха руководителей.	Негативное воздействие макроокружения. Технологическое отставание. Недооценка маркетинга, рекламы и сбыта. Финансово экономическая пассивность. Несбалансированные коммерческо-правовые отношения с партнерами по бизнесу. Низкий уровень компетентности исполнителей всех звеньев

Основываясь на представленных выше подходах к выделению проблем управления, а также на основных принципах менеджмента качества, считаем

целесообразной следующую типологию проблем СМК:

- проблемы анализа СМК;
- проблемы интеграции СМК;
- проблемы оценки выполнения требований к СМК;
- проблемы вовлечения персонала;
- проблемы совершенствования СМК.

Проблемы анализа СМК связаны с оценкой результативности и эффективности СМК, анализом показателей качества изготовленной продукции и удовлетворенности потребителей. Решение данного блока проблем необходимо для более глубокого выявления узких мест в управлении качеством и повышении удовлетворенности потребителя.

Проблемы интеграции СМК в общий менеджмент организации широко распространены на отечественных промышленных предприятиях и влекут за собой большое количество внутренних организационных проблем.

Проблемы оценки выполнения требований СМК связаны с проведением внутренних и внешних аудитов, являющихся неотъемлемой частью функционирования и развития СМК предприятия.

Проблемы вовлечения персонала выделены отдельным блоком в связи с их распространенностью и разнообразием на отечественных предприятиях.

Проблемы совершенствования СМК связаны с низким уровнем развития отечественных систем менеджмента качества, низким уровнем использования передовых зарубежных методов управления качеством.

В таблице 2 представлены основные проблемы СМК отечественных промышленных предприятий.

Таблица 2

Проблемы функционирования СМК отечественных промышленных предприятий

Тип проблемы СМК	Детализация проблем
1	*2*
Проблемы анализа СМК	Неверный выбор критериев оценки результативности и эффективности СМК. Некачественное (формальное) целеполагание. Непонимание важности проведения анализа. Отсутствие регламентирующих требований в международных и отечественных стандартах на СМК. Подход, основанный на выявлении виновного, а не на выявлении причины. Низкий уровень реагирования на требования (пожелания, замечания) потребителей
Проблемы интеграции СМК	Необоснованный выбор процессов управления качеством. Наличие функциональных подразделений предприятия, не участвующих в процессах СМК и СМК в целом. Низкий уровень управления процессами, связанный с ориентацией на функциональное управление на отечественных промышленных предприятиях и с наличием недоработок в системе подчиненности. Формальный подход к построению и внедрению СМК. Отсутствие обратной связи основных процессов с процессами управления, в частности связи менеджмента качества и решения проблем производственного характера.

Окончание табл. 2

1	*2*
Проблемы оценки выполнения требований к СМК	Наличие системы штрафов при выявлении несоответствий по результатам внутреннего аудита процесса. Формальный подход к проведению проверок. Низкая квалификация экспертов органов по сертификации и внутренних аудиторов. Нарушение принципов проведения аудита, в частности принципа беспристрастности. Недостаточная актуальность и адекватность требований НД на СМК, как внутренних, так и внешних.
Проблемы вовлечения персонала	Негативное отношение персонала к службе управления качеством. Непонимание персоналом требований внутренней и внешней НД. Отсутствие мотивации к качеству. Низкий уровень лидерства руководства. Некомпетентность персонала службы качества
Проблемы совершенствования СМК	Низкий уровень обучения по качеству. Некачественное планирование мероприятий по совершенствованию СМК. «Вторичность» СМК по отношению к другим системам управления. Низкое качество написания и пересмотра внутренних нормативных документов, бюрократический подход

Исходя из представленных в таблице 2 данных, необходимо отметить большой объем проблем систем менеджмента качества, существующих на многих промышленных предприятиях и влекущих за собой возникновение несоответствий требованиям международных стандартов. Подробная характеристика каждой проблемы представлена в таблице 3.

Таблица 3

Описание проблем СМК

Проблема	Описание
1	*2*
Неверный выбор критериев оценки результативности и эффективности СМК	Не всегда на промышленных предприятиях оценка результативности и эффективности отражает реальное состояние функционирования системы менеджмента качества. Зачастую выбирается минимальный набор критериев (показателей), направленный не на выявление существующего положения дел в СМК и обнаружение слабых мест в функционировании и их устранение, а на формальное подтверждение выполнения требований международных стандартов [4].
Некачественное (формальное) целеполагания	Одним из важных моментов при проведении анализа СМК являются оценка и анализ реализации целей и выполнения запланированных мероприятий, в связи с чем существует проблема установления целей, не отражающих сущности деятельности, но заведомо выполнимых.
Непонимание важности проведения анализа	В связи с наличием многочисленных требований к СМК и отсутствием моментального результата от ее внедрения, персонал предприятия зачастую относится к анализу данной деятельности как к необходимому, но бесполезному действию. Ситуация усугубляется высоким уровнем бюрократизации СМК на отечественных промышленных предприятиях.

Продолжение табл. 3

1	*2*
Отсутствие регламентирующих требований в международных и отечественных стандартах на СМК	В требованиях стандартов ИСО серии 9000 отсутствует пример (шаблон, рекомендации) по методике оценке результативности и эффективности процессов СМК, что влияет на развитие и усугубление смежных проблем данного типа.
Подход, основанный на выявлении виновного, а не на выявлении причины	На отечественных промышленных предприятиях распространенной является проблема определения виновного лица. При выявлении виновного лица нет необходимости искать причину, так как на поверхности находится множество причин: невнимательность исполнителя, нарушение должностных обязанностей и др. Кроме того, в таком случае исчезает необходимость искать пути решения проблем и устранения причин их появления, они сводятся к проведению бесед с исполнителем и его депремированию.
Низкий уровень реагирования на требования (пожелания, замечания) потребителей	Построение менеджмента качества отечественных предприятий характеризуется направленностью систем менеджмента качества предприятий на выполнение требований регламентирующих стандартов, а не требований потребителя. Имеет место недостаточная организация получения обратной связи от потребителя, а также проблема соблюдения принципа ориентации на потребителя [7]
Необоснованный выбор процессов управления качеством	Выбор процессов на промышленных предприятиях осуществляется по соответствующим проработанным аналогичными предприятиями отраслевым моделям, зачастую без учета особенностей предприятия и его структуры управления [8]
Наличие функциональных подразделений предприятия, не участвующих в процессах СМК и СМК в целом	В процесс управления качеством не всегда вовлечены все функциональные подразделения предприятия, например финансовые службы, отделы информационных технологий, что приводит к снижению общей осведомленности, вовлеченности персонала, а также влияет на усугубление других проблем данного типа.
Низкий уровень управления процессами, связанный с ориентацией на функциональное управление на отечественных промышленных предприятиях и с наличием недоработок в системе подчиненности	Процессное управление, несмотря на наличие данного принципа в основополагающих стандартах, имеет вторичное положение по отношению к функциональной системе подчиненности, выстроенной на предприятии. Проблемы неадекватного выбора процессов, отсутствия взаимосвязи со схемой управления приводят к снижению управляемости в рамках процессов СМК и нарушению принципов менеджмента качества [6].
Формальный подход к построению и внедрению СМК	Основной целью руководства в данном случае является получение сертификата соответствия СМК [9]
Отсутствие обратной связи основных процессов с процессами управления, в частности связи менеджмента качества и решения проблем производственного характера	Персонал отделов (бюро) управления качествам не вовлечен в решение производственных проблем и проблем качества выпускаемой продукции, не оказывает методической помощи при возникновении несоотвествий и снижении качества продукции [7].
Наличие системы штрафов при выявлении несоотвествий по результатам внутреннего аудита процесса	В данном случае внутренний аудит воспринимается персоналом не как способ оказания помощи при выполнении требований регламентирующих стандартов и совершенствования каждого конкретного процесса, и персонал старается скрыть от аудиторов максимальное количество информации, в связи с чем нарушаются принципы проведения аудита, качество аудитов значительно снижается.

Окончание табл. 3

1	*2*
Формальный подход к проведению проверок	Данная проблема касается всех видов проверок: инспекционных, внутренних, аудитов поставщиков и т.д. и заключается в том, что многие аудиторы имеют целью не совершенствование СМК, а выявление несоотвествий, независимо от их качества и влияния на деятельность предприятия в области качества.
Низкая квалификация экспертов органов по сертификации и внутренних аудиторов	Заключается в незнании и непонимании многих требований стандартов, регламентирующих СМК, ориентации на проверку документации, низкой компетентности в сфере основной деятельности предприятия.
Нарушение принципов проведения аудита, в частности принципа беспристрастности	В связи с тем, что международные требования распространяются как на крупные организации, так и на организации с численностью менее 100 человек, возникает проблема влияния внутрикорпоративных отношений на результаты внутреннего аудита.
Недостаточная актуальность и адекватность требований НД на СМК, как внутренних, так и внешних	Недостаточная проработка стандартов на СМК до их выхода влияет на снижение качества работы аудиторов и многообразие трактования ими требований к СМК.
Негативное отношение персонала предприятия к службе управления качеством	Персонал предприятия негативно настроен в отношении менеджеров по качеству, что обусловливается неприязнью прохождения внутренних аудитов, непониманием функций службы управления качеством. Связана данная проблема как с проблемами организации работ по управлению качеством, так и с ожиданием мгновенного результата от внедрения СМК [5].
Отсутствие мотивации к качеству	Система мотивации не предусматривает взаимосвязи с показателями качества продукции.
Низкий уровень лидерства руководства	Проблема заключается в передаче полномочий по внедрению и развитию СМК от высшего руководства в специально организованное с этой целью подразделение.
Некомпетентность персонала службы качества	Персонал службы качества недостаточно квалифицирован в области менеджмента качества, передовых методов и подходов к развитию и совершенствованию СМК, зарубежного и отечественного опыта.
Низкий уровень проведения обучения по качеству	Проведение обучения по менеджменту качества на предприятиях осуществляется крайне редко, в обучении принимают участие в основном руководители, что связано с экономией затрат на проведение обучения.
Некачественное планирование мероприятий по совершенствованию СМК	Планы мероприятий по развитию СМК (планы проверки СТП, планы совершенствования СМК, план повышения качества и надежности и др.) не взаимоувязаны по срокам, мероприятия снимаются с выполнения за отсутствием необходимости и возможности выполнения, мероприятия некачественно проработаны.
«Вторичность» СМК по отношению к другим системам управления	Выполнение требований стандартов на СМК и требований потребителей нередко имеет второстепенное значение после единовременной максимизации прибыли.
Низкое качество написания и пересмотра внутренних нормативных документов, бюрократический подход	Невыполнение требований и рекомендаций по написанию нормативных документов в части их содержания, актуальности и понятности. Формальный подход к согласованию и утверждению.

Необходимо отметить, что на промышленных предприятиях существует значительное количество проблем, связанных между собой опреде-

ленными признаками и относящихся к определенной сфере функционирования СМК. С целью их систематизации было выявлено пять групп проблем по пяти составляющим функционирования СМК. Данный подход к типизации способствует выявлению взаимосвязи между определенными проблемами в области управления качества, позволяет изучать отдельные группы проблем в области качества и разрабатывать комплексные решения, направленные на устранение и предупреждение.

Зачастую не каждое предприятие имеет ресурсы для решения проблем по внедрению и развитию СМК, в связи с чем при возникновении таковых привлекаются консалтинговые компании и консультанты. Но стоит уточнить, что подход к осуществлению услуг по развитию СМК только с использованием услуг сторонней организации – консалтинговой компании, на наш взгляд, крайне неэффективен.

Стандартный набор консалтинговых услуг включает:

- проведение диагностического аудита и анализа действующей СМК;
- подготовку отчета с рекомендациями и планом работ по внедрению и подготовке к сертификации СМК;
- проведение семинаров по требованиям ГОСТ Р ИСО 9001;
- оказание методической помощи по выделению и описанию процессов СМК, разработке необходимой документации в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001;
- проведение семинаров для внутренних аудиторов СМК;
- комплексную внутреннюю проверку СМК на соответствие требованиям ГОСТ Р ИСО 9001;
- сопровождение при сертификационном аудите.

Одним из важнейших аспектов, приводящих к неэффективности данного набора услуг, является, во-первых, то, что консультанты зачастую самостоятельно осуществляют разработку и корректировку документации СМК, в связи с чем персонал предприятия не приобретает необходимых навыков, не осознает ошибок и при необходимости самостоятельной разработки документа будет вынужден обращаться за помощью в сторонние организации либо документ СМК не будет отвечать установленным требованиям. Во-вторых, диагностический аудит имеет значительно меньше информативности, чем внутренний аудит. Так, для проведения качественной разработки документации, предложения грамотных рекомендаций необходимо подробно ознакомиться с особенностями деятельности предприятия, что невозможно сделать при первоначальном диагностическом аудите даже опытному специалисту. В-третьих, специалисты-консультанты не участвуют в организации работ службы качества (отдела управления качества), что немаловажно при внедрении СМК. Правильная организация работ отдела управления качеством, верная постановка задач и распределения ответственности в области управления качеством существенно влияет на результат внедрения и совершенствования СМК.

Также многие компании дополнительно предлагают выдачу сертификата соответствия, что в корне нарушает требование к беспристрастности органа по сертификации.

В связи с вышесказанным необходимым является развитие подхода к осуществлению консалтинговых услуг в области СМК, который будет заключаться во внедрении на определенный период времени на предприятие грамотного специалиста в области управления качеством с целью организации работ по внедрению, разъяснению требований стандартов, обучению персонала и участия в проведении независимых проверок органами по сертификации.

Необходимость применения данного подхода связана с наличием распространенных проблем при проведении консалтинга в том виде, в каком он представлен на рынке в настоящее время. Например, одной из подобных проблем является то, что руководство и персонал организации не воспринимают и не реализуют рекомендации консультанта (или реализуют, но с большим опозданием). Или руководство предприятия не понимает того, что консультант, несмотря на заинтересованность в конечном результате, не может выполнить работу за персонал организации, в связи с чем он должен иметь полномочия по организации работ и большое количество информации об особенностях функционирования предприятия.

В заключение необходимо отметить наличие большого количества разного рода проблем на отечественных предприятиях промышленности, связанных как с разнообразными внутрифирменными, так и с внешними аспектами деятельности предприятия и функционирования СМК. Предложенный подход к типизации проблем управления качеством, а также проведенный анализ недостатков и предложения по развитию консалтинга в области СМК направлены на развитие менеджмента качества отечественных промышленных предприятий, устранение существующих недоработок и, в конечном итоге, повышение качества осуществляемых процессов и выпускаемой продукции.

Список литературы

1. Андреева Т.А., Гугелев А.В., Попова Л.Ф. Инструменты ИСО/ТУ 16949: опыт, возможности, перспективы // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2016. № 4 (63). С. 7–12.

2. Афоничкин А.И., Михаленко Д.Г. Управленческие решения в экономических системах: учебник для вузов. СПб., 2020. URL: http://m.ibooks.ru/bookshelf/21569/reading (дата обращения: 27.04.2024).

3. Венделин А.Г. Подготовка и принятие управленческого решения: методологический аспект. М.: Экономика, 2003.

4. Гордашникова О.Ю. Развитие методики оценки результативности внутрипроизводственных процессов по обеспечению качества продукции // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2007. № 6. С. 30–34.

5. Ивашина М.М. Социальная ответственность бизнеса как инструмент повышения конкурентоспособности предприятия // Современный взгляд на проблемы качества и управления конкурентоспособностью в условиях внешних вызовов: мат. междунар. (очно-заочной) науч.-практ. конф. Саратов, 2015. С. 22–25.

6. Литвинова А.В., Мосейко В.О., Верещагина Л.С. О повышении качества технической продукции на предпроизводственной, производственной и эксплуатационной стадиях // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2014. № 1 (50). С. 59–63.

7. Мищенко Е.С., Лукьяненко М.С. Работа в командах как инструмент совершенствования системы менеджмента качества организации // Вопросы современной науки и практики. 2013. № 1 (45). С. 178–181.

8. Попова Л.Ф. Формирование системы менеджмента качества на основе процессного подхода в управлении промышленными предприятиями // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2017. Т. 12. № 3. С. 453–466.

9. Яшин Н.С., Попова Л.Ф., Бочарова С.В. Анализ проблем функционирования СМК предприятий ОПК и пути их решения // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2017. № 3 (67). С. 125–130.

Ермакова С.А.
начальник лаборатории
АО «НИКИМТ – Атомстрой»
Россия, Москва
sveta.esa@yandex.ru

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ НЕВОЛОКНИСТЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ОБЪЕКТАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Аннотация. В статье рассматривается методика измерений содержания неволокнистых включений в теплоизоляционных материалах, применяемых на объектах использования атомной энергии, с оценкой точности полученных результатов. Проводится сравнительный анализ результатов измерений, выполненных в соответствии с предлагаемой методикой и требованиями документов по стандартизации.

Ключевые слова: теплоизоляционные материалы, минеральная вата, косвенные измерения, погрешность, неволокнистые включения (корольки).

Ermakova S.A.
Head of the laboratory
SC «NIKIMT – Atomstroy»
Russia, Moscow
sveta.esa@yandex.ru

METHODOLOGY FOR MEASURING THE CONTENT OF NON-FIBROUS INCLUSIONS IN THERMAL INSULATION MATERIALS USED AT NUCLEAR ENERGY FACILITIES

Abstract. The article discusses a method for measuring the content of non-fibrous inclusions in thermal insulation materials used at nuclear energy facilities, with an assessment of the accuracy of the results obtained. A comparative analysis of the measurement results carried out in

accordance with the proposed methodology and the requirements of standardization documents is carried out.

Keywords: thermal Insulation material, mineral wool, measurement error, indirect measurement, non-fibrous inclusions (shot).

К теплоизоляционным материалам и изделиям (далее – ТМ), применяемым на оборудовании и трубопроводах, расположенных на открытом воздухе, в зданиях и сооружениях атомных станций, предъявляются особые требования [1, 2]. Производство ТМ для объектов использования атомной энергии осуществляется в соответствии с требованиями [3] и технических условий конкретного производителя.

Одним из важнейших характеристик качества ТМ, подлежащих обязательной оценке, является измерение содержания неволокнистых включений (так называемых – корольков, см. рисунок 1) размером не более 0,25 мм. В нормативных документах [3] установлено, что содержание неволокнистых включений размером не более 0,25 мм не должно превышать 6 %масс, также определен метод контроля. В тоже время, установленный в документах по стандартизации метод, предписывает определять содержание неволокнистых включений как среднеарифметическое значение результатов измерения двух проб и не содержит требований по оценке погрешности измерений, что не соответствует требованиям нормативно – правовых актов.



Рис. 1. Внешний вид неволокнистых включений (корольков). Увеличение в 10 раз

Основные требования к проведению измерений в области использования атомной энергии установлены в нормативно-правовом акте Госкорпорации «Росатом». В соответствии [5], все результаты измерений, в том числе выполняемых при испытаниях, должны представляться с указанием характеристик погрешности или неопределенности.

АО «НИКИМТ-Атомстрой» являясь головной отраслевой организацией Госкорпорации «Росатом» по неметаллическим, полимерным материалам и

покрытиям для антикоррозионной, тепловой защиты строительных конструкций, коммуникаций, оборудования и улучшения радиационной обстановки на АЭС и объектах отрасли осуществляет испытания материалов, поставляемых на объекты атомной отрасли.

С учётом накопленного опыта по испытаниям ТМ в Научно-исследовательской лаборатории теплоизоляционных материалов АО «НИКИМТ-Атомстрой» была разработана и внедрена методика определения массовой доли неволокнистых включений (корольков) в минеральной вате. При разработке методики за основу был взят метод, описанный в [4].

Целью данной разработки являлось внедрение методического аппарата оценки характеристики точности результатов измерений. Изначально метод измерения содержания неволокнистых включений (корольков) является косвенным и заключается в измерении массовой доли корольков в материале, в зависимости от массы пробы волокон и массы неволокнистых включений.

Перед проведением испытаний (измерений) производится подготовка проб образцов. При этом должны быть обеспечены следующие условия:

- образцы продукции перед испытанием выдерживают (кондиционируют) при определенной температуре и влажности воздуха, которые устанавливаются в документах на продукцию конкретного вида;

- из не менее чем пяти различных мест образца продукции, отбирают пробы волокон массой не менее (5,0±0,1) г каждая, если в нормативных документах на продукцию конкретного вида не указаны другие значения по отбираемой массе пробы;

- пробы волокон перед проведением измерений высушивают до постоянной массы и взвешивают на лабораторных весах с точностью до третьего десятичного знака.

Далее пробу волокна прокаливают в электропечи при температуре (600±10) °С (для минеральной ваты, полученной из стекла) или (800±10) °С (для минеральной ваты, полученной из расплава горных пород/шлака) в течении 30 мин. Полученные пробы растирают в фарфоровой ступке под водой с помощью резинового пестика. Полученную суспензию пропускают через сито с размером ячейки 1 мм, с условием – вся проба должна пройти через сито.

Полученную суспензию разбавляют водой до верхней метки стакана, перемешивают стеклянной палочкой с резиновым наконечником. Через 10 с столб жидкости между двумя метками сливают. Затем операцию вновь повторяют до получения совершенно прозрачного столба жидкости между метками, которую вновь сливают до первой от дна метки. Оставшуюся жидкость убирают при помощи пипетки.

Неволокнистые включения, оставшиеся на дне стакана после слива всей прозрачной жидкости, сушат в сушильном шкафу при температуре (105±5) °С не менее 40 мин. Затем стакан с неволокнистыми включениями охлаждают. Корольки просеивают через сито с размером ячейки 0,25 мм.

Остаток на сите взвешивают на лабораторных весах с точностью до 0,001 г.

Получение результатов по содержанию неволокнистых включений (В) в ТМ производят путём определения функциональной зависимости:

$$B = \frac{m_2}{m_1} \cdot 100\ \%$$

где B – неволокнистые включения, %;

$m_{1.}$ – масса пробы волокна, г;

m_2 – масса неволокнистых включений, г.

За результат принимают среднее арифметическое зчение всех параллельных определений.

В разработанной методике предлагается следующий алгоритм оценки характеристик точности измерений (например, в форме относительной погрешности):

1. По полученным результатам измерений вычислить среднее арифметическое из n измерений:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i\ ,$$

где x_i – i-й результат измерения;

n – количество измерений.

2. Вычислить границу неисключённой систематической погрешности (НСП) результата косвенного измерения между искомой величиной и непосредственно измеряемыми аргументами:

$$\theta = k \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{m}\left(\frac{\partial Y}{\partial x}\right)^2 \cdot \theta_{\text{пр}}{}^2}\ ,$$

где $\theta_{\text{пр}}$ – границы неисключенных систематических погрешностей аргументов (НСП применяемых средств измерений);

$\frac{\partial Y}{\partial x}$ – частные производные функции искомой величины по соответствующим аргументам;

m – количество аргументов;

k – поправочный коэффициент, принимаемый равным 1,1 при доверительной вероятности $P = 0{,}95$.

3. Вычислить среднеквадратичное отклонение результата косвенного измерения:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}.$$

4. Вычислить доверительные границы ε случайной погрешности результата измерения:

$$\varepsilon = t \cdot S$$

где t – значение коэффициента Стьюдента для доверительной вероятности $P = 0{,}95$ и числу результатов измерений равным n.

5. В соответствии с [6] погрешность результата косвенного измерения Δ определяется в зависимости от соотношения θ/S между неисключенной систематической погрешностью искомой величины и ее средним квадратическим отклонением.

Если $\theta/S > 8$, то за погрешность результата косвенного измерения принимают неисключенную систематическую составляющую погрешности измерения и ее границы будут равны θ.

Если θ/S<0,8, то за погрешность результата косвенного измерения принимают случайную составляющую погрешности измерения и ее границы будут равны ε.

Если $0{,}8 \leq \theta/S \leq 8$, то доверительную границу погрешности результата косвенного измерения Δ вычисляют по формуле: $\Delta = \sqrt{\varepsilon^2 + \theta^2}$

6. Относительная погрешность измерений δ:

$$\delta = \frac{\Delta}{\bar{x}} \times 100\ \%$$

Для апробации предложенной методики оценки результатов измерений были проведены исследования теплоизоляционных материалов различных производителей, а также был проведён сравнительный анализ результатов с результатами метода, изложенного в [4] по оценке точности измерений.

Для определения содержания неволокнистых включений в ТМ и оценки характеристики точности измерений были исследованы пять марок различных производителей теплоизоляционных материалов, изготовленные из минеральной ваты.

В соответствии с разработанной методикой ко всем маркам ТМ были соблюдены одинаковые требования по подготовке проб, а именно:

1. Все образцы были подвергнуты кондиционированию;
2. Количество отобранной пробы от каждой единицы продукции – 6 шт.
3. Масса исходной пробы волокна в пределах (5,0±0,1) г каждая;
4. Извлечение неволокнистых включений, проводилось в соответствии с разработанной методикой.

В ходе исследования были получены следующие результаты, которые приведены в таблице 1 (для разработанной методики) и в таблице 2 (по методу из [4]).

Таблица 1

Результаты измерений

№ образца (марка)	№ пробы	Содержание неволокнистых включений (корольков) В, %	Среднее содержание неволокнистых включений (корольков) $В_{ср}$, %	Относительная погрешность результата измерений δ, %
1	1.1	2,97	3,46	15,0
	1.2	3,03		
	1.3	3,39		
	1.4	4,34		
	1.5	3,55		
	1.6	3,49		
2	2.1	4,22	4,11	17,0
	2.2	4,46		
	2.3	3,70		
	2.4	2,92		
	2.5	4,59		
	2.6	4,79		
3	3.1	5,32	5,72	5,1
	3.2	6,03		
	3.3	5,83		
	3.4	5,48		
	3.5	5,72		
	3.6	5,96		
4	4.1	4,85	5,32	7,1
	4.2	5,37		
	4.3	5,17		
	4.4	5,11		
	4.5	5,87		
	4.6	5,56		
5	5.1	5,45	5,36	3,7
	5.2	5,49		
	5.3	5,37		
	5.4	5,43		
	5.5	5,43		
	5.6	4,970		

Таблица 2

Результаты измерений

№ образца (марка)	№ пробы	Содержание неволокнистых включений (корольков) В, %	Среднее содержание неволокнистых включений (корольков) $B_{ср}$, %	Относительная погрешность результата измерений δ, %
1	1.1	5,64	4,46	336,1
	1.2	3,28		
2	2.1	3,09	3,89	261,2
	2.2	4,68		
3	3.1	6,14	5,62	117,2
	3.2	5,11		
4	4.1	4,86	5,39	124,9
	4.6	5,91		
5	5.1	5,38	5,05	85,7
	5.2	4,72		

Результаты оценки содержание неволокнистых включений в образцах материалов приведены на рисунке 2.

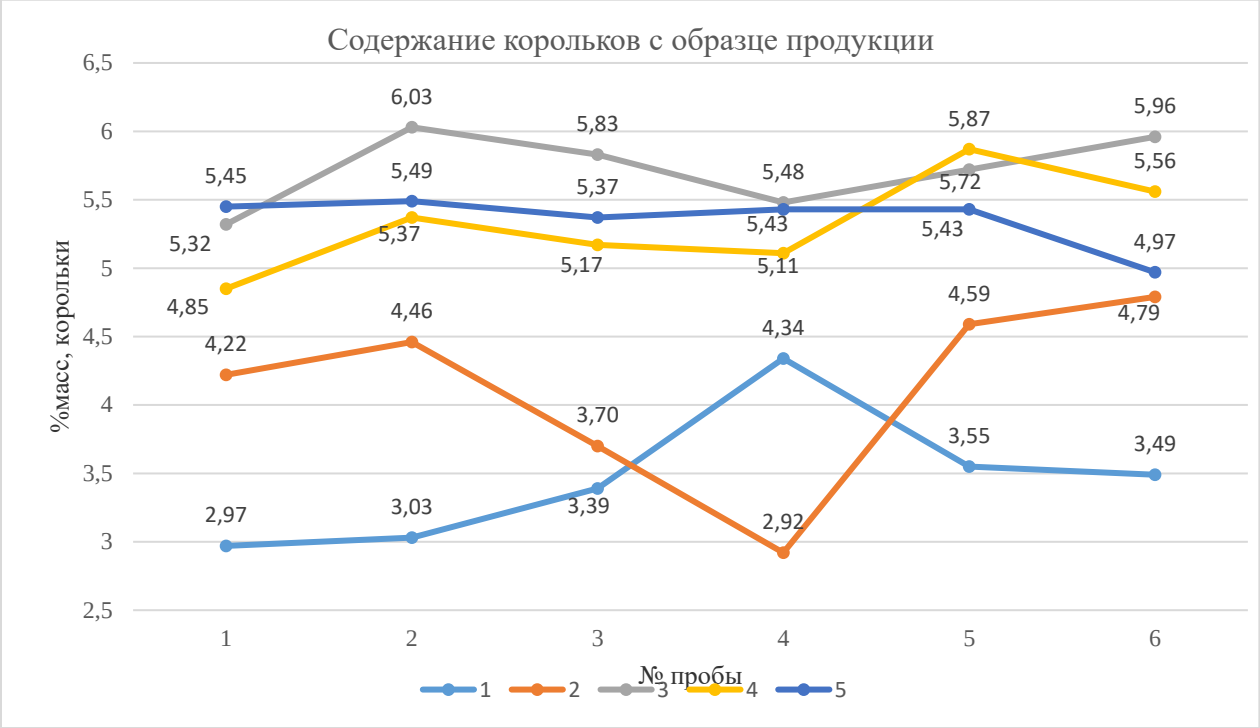


Рис. 2. График распределения (рассеяния) содержания корольков в образце продукции

Результаты оценки содержание неволокнистых включений в образцах материалов по [4] приведены на рисунке 3.

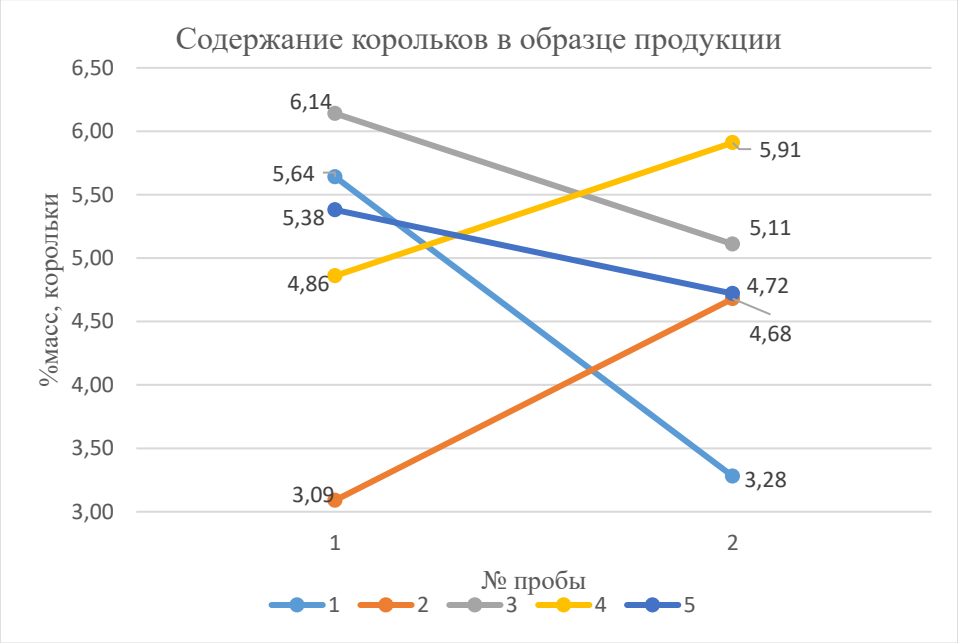


Рис. 3. График распределения (рассеяния) содержания корольков в образце продукции

Из приведенных в таблицах 1-2 результатов измерений видно, что наибольшей точностью и достоверностью испытаний обладает предлагаемая методика.

Предложенная методика определения содержания неволокнистых включений отвечает требованиям [5] и позволяет провести испытания с наибольшей достоверностью, в том числе оценить погрешности измерений.

Предлагаемый подход реализованный в методике может быть также распространён и на определение погрешностей других характеристик ТМ, определяемых посредством косвенных измерений, таких как содержание органических веществ, определение влажности и т.д.

Список литературы

1. РД ЭО 0586-204 Нормы проектирования тепловой изоляции оборудования и трубопроводов атомных станций– Введ. 2005-03-01. – М: Концерн «Росэнергоатом», 2024. – 58 с.

2. ГОСТ Р 51882-2002 Изделия теплоизоляционные радиационно-стойкие для атомных станций. Общие технические требования. – Введ. 2002-00-00. -М: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 5 с.

3. ГОСТ 21880-2022 Маты из минеральной ваты прошивные теплоизоляционные. Технические условия. – Введ. 2023-06-01. -М: ФГБУ «РСТ», 2022. – 7 с.

4. ГОСТ 4640-2011 Вата минеральная. Технические условия. – Введ. 2012-07-01. -М: Стандартинформ, 2012. – 9 с.

5. Приказ Госкорпорации «Росатом» от 31.10.2013 № 1/10-НПА «Об утверждении метрологических требований к измерениям, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, их составным частям, программному обеспечению, методикам (методам) измерений, применяемым в области использования атомной энергии» (Зарегистрирован в Минюсте России 27.02.2014 N 31442).

6. МИ 2083-90 ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивания их погрешностей. – Введ. 1992-01-01. -М: Издательство стандартов, 1992. – 9 с.

Клочков А.Я.
к.т.н., доцент
Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева
Россия, Рязань
Klochkov500@mail.ru
Морозов А.С.
к.т.н., доцент
Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева
Россия, Рязань
Morozov.rgatu@mail.ru
Честных А.Р.
ассистент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
a.r.chestnyh@mospolytech.ru
Клочков Я.М.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
ayklochkov@mail.ru
Кудряшова Д.А.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
Diobio67904@gmail.com

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Аннотация. Пути повышения стабильности и надёжности электронных систем в машиностроении [1-12] становится всё актуальнее, из-за роста нейросетевого взаимодействия [13] технологических процессов производства самообучающихся систем [14-22]. При этом необходимо неукоснительно совершенствовать стандартизацию этих процессов, так как с ростом интеграции элементной базы микросхем резко повышаются требования к качеству активных элементов интегральных схем, в основе которых являются транзисторные структуры [23-29]. Известно, что качество элементов микросхем определяются электрически активными дефектами в полупроводниковых структурах интегральных микросхем [17-20]. В частности, быстродействие этих микроэлементов определяются дефектами, создающие глубокие энергетические центры в активных слоях интегральных схем [21]. Данная работа посвящена исследованию именно этих дефектов создающие

глубокие энергетические центры в полевых транзисторах с барьером Шоттки на основе арсенида галлия [14]. В частности, дефекты с глубокими центрами в полевых транзисторах на основе барьера Шоттки и их влияние на вольтамперные характеристики этих транзисторов.

Ключевые слова: стандартизация, транзисторы, технология, дефекты, вольтамперные характеристики, стабильность.

Klochkov A.Ya.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev
Russia, Ryazan
Klochkov500@mail.ru
Morozov A.S.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev
Russia, Ryazan
Morozov.rgatu@mail.ru
Chestnykh A.R.
Assistant
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
albinatchestny@yandex.ru
Klochkov Ya.M.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
gluhihyak@gmail.com
Kudryashova D.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Diobio67904@gmail.com

STANDARDIZATION AND WAYS TO IMPROVE THE RELIABILITY OF THE SEMICONDUCTOR ELEMENT BASE OF MECHANICAL ENGINEERING

Abstract. Ways to increase the stability and reliability of electronic systems in mechanical Engineering [1-12] are becoming more relevant due to the growth of neural network interaction [13] technological processes for the production of self-learning systems [14-22]. At the same time, it is necessary to strictly improve the standardization of these processes, since with the increasing integration of the element base of microcircuits, the quality requirements for the active elements of integrated circuits based on transistor structures sharply increase [23-29]. It is known that the quality of the microcircuit elements is determined by electrically active defects in the semiconductor structures of integrated circuits [17-20]. In particular, the performance of these trace elements is determined by defects that create deep energy centers in the active layers of integrated circuits [21]. This work is devoted to the study of precisely these defects that create deep energy centers in field-effect transistors with a Schottky barrier based on gallium arsenide [14]. In particular, defects with deep centers in field-effect transistors based on the Schottky barrier and their effect on the voltage characteristics of these transistors.

Keywords: Standardization, transistors, technology, defects, voltage characteristics, stability.

Изучались дефекты с глубокими центрами (ГЦ) в полевых транзисторах с барьером Шоттки (ПТБШ) на основе GaAs n-типа. ПТБШ были изготовлены на основе серийных эпитаксиальных структур САГ2БК, выращенных на подложке АГПЧКЕ методом ГФЭ. Структура ПТБШ показана на рис. 1.

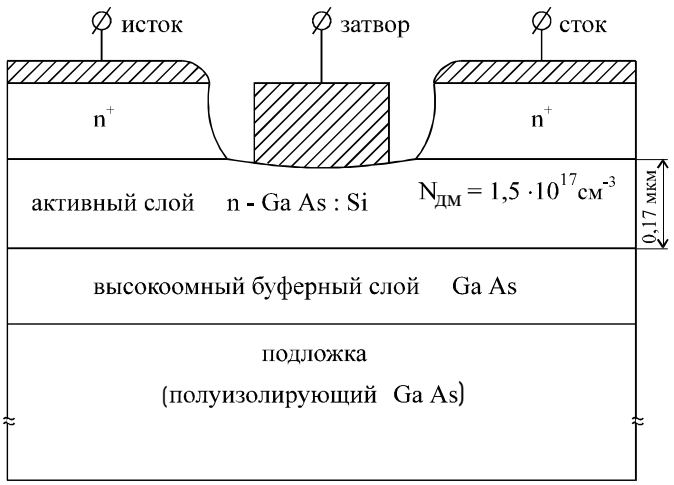


Рис. 1. Структура ПТБШ на основе GaAs n-типа

Структура выращивалась методом ГФЭ в потоке газовой смеси; $AsCl_3$ – Ga-Ar. Достоинства данной разновидности ГФЭ заключается в том, что за счет применения инертного газа и сравнительно низких температур роста снижается содержание примесей и компенсируется недостаток мышьяка As на поверхности роста слоя [14-17]. Металлизация барьера Шоттки изготовлена из вольфрама. На верхнюю сторону вольфрамового электрода нанесен слой золота Au. Для изготовления омического контакта использовался эвтектический сплав Au-Ge-Ni. Контактная площадка к омическому контакту сделана из золота. Она отделена от Au-Ge-Ni-области подслоем платины Pt и титана Ti, которые служат буферами для устранения диффузии.

Так как барьер Шоттки транзисторов ПТБШ имеет малую емкость, при которой не достигается требуемая чувствительность емкостной DLTS спектроскопии [14], для измерений спектров ГУ использовали токовую DLTS спектроскопию. Исследуемый транзистор ПТБШ подключали к спектрометру глубоких уровней как диод Шоттки. Полевым электродом служил затвор, омическим контактом к базе – сток.

Токовые DLTS-спектры измерялись на 20 однотипных структурах. На спектрах всех структур присутствовали два донорных ГЦ: E_c-0,82эВ и E_c-0,43эВ. Концентрация ГЦ E_c-0,43эВ для всех образцов была практически постоянной. По отношению к ГЦ E_c-0,82 эВ среди всех 20 исследованных диодов ПТБШ было выявлено 3 группы образцов с одинаковыми значениями концентрациями глубоких энергетических центров (N_t) донорных ГЦ (см. таблицу).

Таблица

Значения концентраций ГЦ в ПТБШ от параметров используемых подложек

№ образца	Тип подложки	Концентрация ГЦ в ПТБШ, $см^{-3}$		Холловская подвижность электронов в активном слое, $см^2/В·с$
		Ec-0,43 эВ	Ec-0,82эВ	
1	АГЧПКЕ	$2,4·10^{15}$	$1,0·10^{16}$	4241
2	АГЧПКЕ	$2,0·10^{15}$	$6,2·10^{15}$	4242
3	АГЧПКЕ	$2,6·10^{15}$	$3,1·10^{15}$	5100
4	Особо чистая экспериментальная подложка	–	$3,8·10^{15}$	5990

Согласно литературным данным [8,9,4,15], ГЦ E_c-0,82эВ наиболее вероятно связан с ловушкой EL2. Эти ловушки характерны для структур, изготовленных методом ГФЭ [14-21]. Ловушка E_c-0,43 эВ, по данным [10,17,15], может быть связана с вакансией мышьяка или, по данным [19,18], она может быть комплексным дефектом, состоящим из вакансии мышьяка и атома кремния (Si). Здесь следует отметить, что атомы кремния Si в данном случае используется как мелкая легирующая примесь для создания активного слоя GaAs с нужной концентрацией ($N_{дм}=1,7·10^{17}см^{-3}$). Согласно [13,17-25], вакансии мышьяка – характерный дефект для ГФЭ.

Кроме DLTS-спектров измеряли также подвижность носителей заряда в активном слое транзистора ПТБШ с помощью эффекта Холла. Для этого на одном кристалле рядом с транзистором ПТБШ изготавливали специальную структуру, которая служит для измерения холловской подвижности электронов в активном слое. Результаты приведены в таблице. Из этой таблицы видно, что с ростом концентрации EL2 значительно падает подвижность. В свою очередь подвижность является одним из важнейших параметров, определяющих электрофизические характеристики активности транзистора ПТБШ. Следовательно, можно предположить, что электрофизические характеристики транзистора ПТБШ в нашем случае определяются ловушкой EL2.

Измерение вольтамперных характеристик (ВАХ) транзистора ПТБШ выявляет корреляцию между концентрацией EL2 и электрофизическими характеристиками ПТБШ. Вольтамперные характеристики транзисторов для трех типов структур показаны на рисунке 2.

Анализ ВАХ показывает, что при концентрации EL2, около $9·10^{15}$ и выше, ПТБШ не управляется потенциалом затвора (см. рисунок 2а), его характеристики имеют гистерезисный вид. Аналогичный эффект при достаточно больших концентрациях EL2 отмечался в [18].

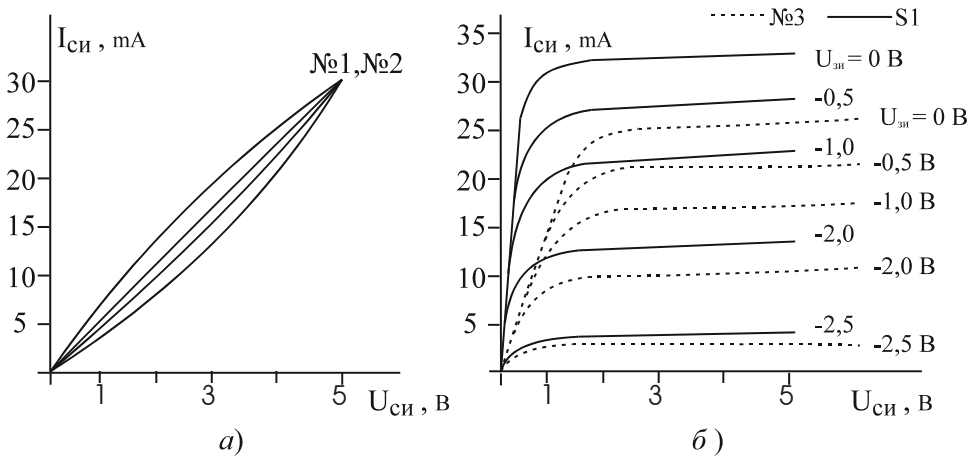


Рис. 2. ВАХ ПТБШ с разными значениями концентрации EL2

При снижении концентрации EL2 до величины $3{,}1\cdot10^{15}$см$^{-3}$ ВАХ транзистора ПТБШ принимает нормальный вид (см. рисунок 2б). С ростом концентрации глубоких центров N_t ВАХ транзисторов приобретают аномальную форму зависимости от параметров его характеристик, и этот транзистор перестает управляться потенциалом затвора. Таким образом, центр EL2 определяет вид ВАХ транзистора ПТБШ.

Далее был исследован образец №4 (S1) ПТБШ, изготовленный тем же технологическим способом, но на специально выращенном, особо чистом подложечном материале (в НИИ МП).

Токовые DLTS-спектры этого диода (затвор-сток) транзистора ПТБШ имеют только один ГЦ–E_c-0,82эВ (EL2) с концентрацией $3{,}8\cdot10^{14}$см$^{-3}$ (см. таблицу), что значительно ниже по сравнению с концентрацией того же ГЦ в образцах №3, выращенных на обычной АГПЧКЕ – подложке.

Для транзистора ПТБШ S1(№4) измерялись также ВАХ (см. рисунок 2б). Анализ ВАХ показывает, что ПТБШ S1 имеют более высокие значения токов насыщения, по сравнению с транзисторами №3, изготовленными на АГПЧКЕ–подложках. Напряжение насыщения транзистора ПТБШ S1 несколько меньше, чем у транзисторов №3. Кроме того, транзисторы ПТБШ S1 имеют большую крутизну (24 мА/В) по сравнению с транзисторами №3 (16 мА/В).

Таким образом, на основании приведенных экспериментальных результатов можно сделать следующий вывод. Ловушка EL2, находящаяся в активном слое ПТБШ, значительно ухудшает его электрофизические характеристики. Снижение N_t позволяет улучшить ВАХ транзистора ПТБШ. Значительное снижение концентрации EL2 достигается заменой обычных подложек типа АГПЧКЕ, применяемых в промышленном производстве интегральных схем, на экспериментальные высокочистые подложки с пониженным содержанием концентрации ГЦ EL2 (до 10^{14}см$^{-3}$) (НИИ МП). Применение новых подложек улучшает основные характеристики ПТБШ.

Приведенные выше результаты показывают влияние дефектов на качества электрофизических характеристик транзисторов, из которых состоят

высокоскоростные интегральных схемы. Эти исследуемые нами полупроводниковые материалы ИС в настоящее время применяются очень широко для самообучения и адаптации высокотехнологических и эффективных процессов производства изделий машиностроения [4,6,8,10,11]. Анализ наших исследований этих транзисторов свидетельствует, что необходимо эти результаты использовать при внесении изменений в стандарты организаций по оценке качества применяемых ИС в машиностроении [6,12-20].

Список литературы

1. История развития систем проектирования Козырев А.Ю., Клочков А.Я. В сборнике: Технические науки: традиции и инновации. материалы Международной заочной научной конференции. Сер. "Молодой ученый" 2012. С. 64-66.
2. Статистическая оценка эффективности диетического продукта, обогащенного хромом, в восстановлении больных метаболическим синдромом Клочков А.Я., Левина Т.А., Дашкевич О.В. В сборнике: Биотехнические, медицинские, экологические системы и робототехнические комплексы – Биомедсистемы-2017. сборник трудов XXX Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Рязанский государственный радиотехнический университет. 2017. С. 32-35.
3. Методика проведения метрологической экспертизы технической документации Клочков А.Я., Лунькина Т.Г. Мир измерений. 2018. № 3. С. 36-40.
4. Analysis of the data collection and processing system for assessing the actual reliability of domestic tractors exemplified by PJSC “promtractor” Vyacheslavova O., Parfenyeva I., Levina T., Klochkov A. 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. 00190.
5. Conceptual provisions of formation of the quality management system within the integrated corporate structure Salimova T.A., Biryukova L.I., Makolov V.I., Levina T.A. International Business Management. 2015. Т. 9. № 6. С. 1129-1135.
6. Analysis of methods and measuring instruments used for super alloy products (obtained by SLM-method) surface layer quality evaluation Levina T.A., Safonov E.V., Hung T.M. В сборнике: Proceedings of the 7th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2021). ICIE: International Conference on Industrial Engineering. Челябинск, 2022. С. 174-186.
7. 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.
8. 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.
9. Обучение на основе науки Клочков А.Я., Глухих Т.А. В мире научных открытий. 2010. № 1-2 (7). С. 204-206.
10. Model of operation of computer measuring system Ershov D.S., Malahov A.V., Levina T.A., Khayrullin R.Z. Journal of Physics: Conference Series. 2022. Т. 2388. № 1. С. 012040.
11. The simulation of the process of operation of installations of the highest accuracy for reproduction and transmission of units of physical quantities Ershov D.S., Levina T.A., Adylina A.P., Grozovsky G.I., Parfenyeva I.E. В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. III International Conference on Metrological Support of Innovative Technologies (ICMSIT-III-2022). Krasnoyarsk, 2022. С. 82003.

12. Обеспечение достоверности определения параметров глубоких центров в процессе технологии интегральных микросхем Левина Т.А., Глухих Я.М., Адылина А.П., Честных А.Р. В сборнике: Фундаментальные и прикладные аспекты развития современной науки. сборник научных статей по материалам XIV Международной научно-практической конференции. Уфа, 2024. С. 21-38.

13. Нейросетевые методы анализа главных компонент в задачах обработки данных дистанционного зондирования земли. Клочков А.Я., Бычкова Н.А., Акинина Н.В. Известия Юго-Западного государственного университета. 2013. № 6-2 (51). С. 69-76.

14. Схема диагностики технологического процесса изготовления биполярных интегральных микросхем Левина Т.А., Глухих Я.М., Адылина А.П., Честных А.Р. В сборнике: Научные исследования: фундаментальные и прикладные аспекты. сборник статей III Международной научно-практической конференции. Пенза, 2024. С. 10-15.

15. Разработка оборудования и методик для тестирования технологий изготовления интегральных микросхем по глубоким центрам Левина Т.А., Глухих Я.М., Адылина А.П. В сборнике: Современные тенденции развития исследовательских компетенций в условиях инновационного кластера. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. УФА, 2024. С. 15-31.

16. Оборудование для диагностики технологий по глубоким центрам Левина Т.А., Глухих Я.М., Адылина А.П., Честных А.Р. В сборнике: Фундаментальная и прикладная наука: актуальные вопросы теории и практики. сборник статей VI Международной научно-практической конференции. Пенза, 2024. С. 46-56.

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

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

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

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

21. Место DLTS в тестировании промышленных технологий, трудности и противоречия существующей теории Кузьменко А.П., Клочков А.Я., Левина Т.А., Левин А.М. В сборнике: Физика и технология наноматериалов и структур. Сборник научных статей 3-й Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. 2017. С. 309-313.

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

23. К вопросу о влиянии параметров процесса на механические свойства 3d-печати FDM: комплексный обзор Левина Т.А., Кушнир И.С., Глухих Я.М., Клочков А.Я. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2023. Т. 15. № 3. С. 123-131.

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.

25. Системы менеджмента качества интегрированных корпоративных структур Салимова Т.А., Бирюкова Л.И., Маколов В.И., Левина Т.А. Стандарты и качество. 2016. № 7. С. 58-62.

26. Оценка и анализ факторов внутренней и внешней среды, влияющих на систему менеджмента качества интегрированной корпоративной структуры Клочков А.Я., Левина Т.А. Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2015. № 2. С. 177-187.

27. Автоматизация основных функций систем менеджмента качества Коваленко В.В., Клочков А.Я., Левина Т.А. Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2016. № 7. С. 107-114.

28. Conceptual provisions of formation of the quality management system within the integrated corporate structure Salimova T.A., Biryukova L.I., Makolov V.I., Levina T.A. International Business Management. 2015. Т. 9. № 6. С. 1129-1135.

29. Оценка и анализ факторов внутренней и внешней среды, влияющих на систему менеджмента качества интегрированной корпоративной структуры Клочков А.Я., Левина Т.А. Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2015. № 2. С. 177-187.

Тараскина П.А.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва,
polinataraskina@mail.ru
Научный руководитель: ***Алексашина О.В.***
к.т.н., доцент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
olaslavna@yandex.ru

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ И СОДЕРЖАНИЮ МЕТОДИКИ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Аннотация. Методика поверки средств измерений является ключевым документом, определяющим процедуры и требования к проведению поверки. В данной работе рассматриваются основные требования к оформлению и содержанию такой методики поверки. Работа включает в себя описание целей поверки, описание требований к содержанию методики, которые касаются применяемых методов и средств измерений, условиям проведения поверки, персоналу и самому порядку проведения поверки. Также рассматривается процесс контроля и верификации результатов, а также оформление полученных результатов поверки. Важными аспектами являются учет требований стандартов и нормативных документов, обеспечение точности и надежности измерений, а также обеспечение соответствия средств измерений установленным стандартам. Грамотное оформление и содержание методики поверки средств измерений существенно влияют на качество и достоверность результатов поверки.

Ключевые слова: методика поверки, поверка, средства измерений, требования, оформление, содержание, эталоны.

Taraskina P.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
polinataraskina@mail.ru
Scientific Advisor: ***Aleksashina O.V.***
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
olaslavna@yandex.ru

REQUIREMENTS FOR THE FORMAT AND CONTENT OF THE METHOD FOR VERIFICATION OF MEASUREMENT INSTRUMENTS

Abstract. The methodology for verifying measuring instruments is a key document that defines the procedures and requirements for verification. This paper discusses the basic requirements for the design and content of such a verification methodology. The work includes a description of the purposes of verification, a description of the requirements for the content of the methodology, which relate to the methods and measuring instruments used, the conditions for verification, personnel and the verification procedure itself. The process of monitoring and verification of results, as well as the registration of the obtained verification results, is also considered. Important aspects are taking into account the requirements of standards and regulations, ensuring the accuracy and reliability of measurements, as well as ensuring the compliance of measuring instruments with established standards. Proper design and content of the methodology for verifying measuring instruments significantly influence the quality and reliability of verification results.

Keywords: verification methodology, verification, measuring instruments, requirements, design, content, standards.

На любом производстве при выпуске различной продукции требуются проведения множества измерений. Одним из важнейших аспектов при этом является точность и достоверность измерений. Точные и надежные результаты измерений необходимы для обеспечения высокого качества продукции, эффективности процессов и безопасности работников и окружающей среды.

Поверка является ключевой процедурой в государственном регулировании обеспечения единства измерений и измерительной техники. Ее целью является подтверждение соответствия средств измерений метрологическим требованиям. Поверка средств измерений является неотъемлемой частью системы обеспечения единства измерений и играет важную роль в обеспечении достоверности и надежности результатов измерений. Для обеспечения эффективности и точности поверки необходимо разрабатывать и использовать методики поверки, отвечающие определенным требованиям.

Для каждого типа средств измерений или группы средств измерений, предназначенных для измерения одних и тех же величин и основанных на

одном и том же принципе действия, разрабатываются методики поверки. Эти методики проходят опробование в процессе испытаний с целью утверждения типа средств измерений или в случае необходимости внесения изменений в сведения об утвержденном типе средств измерений.

Методики поверки должны включать процедуры, проводимые при первичной поверке средств измерений и периодической поверке средств измерений по подтверждению соответствия средств измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа средств измерений.

Методики, применяемые в качестве эталонов, должны также предусматривать передачу поверяемому средству измерений единицы величины и включать процедуры подтверждения соответствия средства измерений обязательным требованиям, установленным в соответствии с п. 5 Положения об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 г. № 734 «Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений».

Методики поверки должны включать в себя 12 разделов. В первую очередь идут общие положения, которые включают указания по проведению поверки, требования по обеспечению прослеживаемости поверяемого средства измерений и методы, обеспечивающие реализацию методики поверки (непосредственное сличение с эталоном, сличение с помощью компаратора, метод прямых измерений, метод косвенных измерений). Второй раздел определяет перечень операций поверки средства измерений. Он содержит перечисление конкретных операций, выполняемых в соответствии с методикой. Перечисление представляется в виде таблицы, где для каждой операции указывается, нужно ли её проводить, с помощью слов «Да» или «Нет» для каждой операции отдельно для первичной поверки и для периодической поверки; Следующим раздело идут требования к условиям проведения поверки. Здесь должны указываться факторы, оказывающие влияние на определение метрологических характеристик (температура, относительная влажность и т.д.), и допустимые диапазоны их значений. В четвертом разделе обязательно описываются требования к специалистам, осуществляющим поверку (при наличии специальных требований), к таким требованиям относятся запросы к количеству специалистов в целях обеспечения безопасности работ и возможности выполнения процедур поверки. Пятый раздел описывает метрологические и технические требования к средствам поверки. Они должны оформляться в виде таблицы и включать метрологические и технические требования к средствам поверки, а эталоны единиц величин, стандартные образцы и средства измерений, применяемые в методике поверки в качестве эталонов единиц величин, должны удовлетворять требованиям по точности государственных поверочных схем, установленным в со-

ответствии с приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 11 февраля 2020 г. № 456 «Об утверждении требований к содержанию и построению государственных поверочных схем и локальных поверочных схем, в том числе к их разработке, утверждению и изменению». Следующим разделом определяются требования по обеспечению безопасности проведения поверки. Данные требования включают мероприятия по обеспечению безопасности и условий проведения поверки, которые должны обеспечивать работники юридического лица или индивидуального предпринимателя, аккредитованного на проведение поверки, с целью сохранения жизни и здоровья поверителей, выполняющих поверку.

Далее идет раздел, который должен включать внешний осмотр средства измерений. В этом разделе следует описать мероприятия, которые подтверждают соответствие внешнего вида средства измерения. Также необходимо контролировать соблюдение требований по защите прибора от несанкционированного вмешательства в соответствии с описанием типа средств измерений. Кроме того, нужно предусмотреть процедуры для выявления видимых дефектов, которые могут повлиять на безопасность проведения поверки или на её результаты. В случае обнаружения таких дефектов их следует устранить до проведения поверки или принять решение о проведении дальнейших действий. Восьмым разделом является подготовка к поверке и опробование средства измерений. Данный раздел должен включать перечень работ и способы их выполнения, которые необходимо выполнить перед поверкой. Также необходимо описать процедуры, предусмотренные эксплуатационной документацией средства измерений, которые необходимо выполнить при его опробовании.

При наличии Программного обеспечения средства измерений в девятом разделе должна проводиться его проверка, которая предполагает мероприятия по подтверждению соответствия программного обеспечения требованиям, указанным в описании его типа.

Следующий раздел имеет оглавление «Определение метрологических характеристик средства измерений». Он должен описывать последовательность выполняемых операций поверки по передаче средству измерений единиц величин с определением значений метрологических характеристик поверяемого средства измерений. Описание последовательности выполнения процедур должно содержать схемы соединений (подключений) поверяемого средства измерений со средствами поверки (эталонами, стандартными образцами, средствами измерений, вспомогательными техническими средствами), предусмотренными методикой. Раздел «Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям» должен содержать процедуры обработки результатов измерений, полученных при определении метрологических характеристик, и критерии принятия поверителем решения по подтверждению соответствия средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, и обязательным

требованиям к эталону (в случае возможности применения средства измерений в качестве эталона).

Последним разделом является оформление результатов поверки. Он должен предусматривать оформление поверителем результатов поверки для положительных результатов поверки, то есть, когда средство измерений подтверждает соответствие метрологическим требованиям, и для отрицательных результатов поверки, когда средство измерений по результатам поверки не подтверждает соответствие метрологическим требованиям. Для средств измерений, применяемых в качестве эталонов, должно быть предусмотрено оформление результатов поверки, подтверждающее соответствие средства измерений обязательным требованиям к эталонам. Содержание данного раздела должно отражать требования к оформлению протоколов поверки, выполнения действий по соблюдению требований по защите средства измерений от несанкционированного вмешательства и их результаты, нанесению знаков поверки на средства измерений, оформлению свидетельств о поверке и (или) паспортов средств измерений.

Методики поверки оформляются в виде документа на бумажном носителе или в виде электронного документа в соответствии с п. 11.1 ст. 2 Федерального закона РФ от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации». При оформлении методик поверки руководствуются представленными требованиями с учетом рекомендаций ГОСТ Р 8.973–2019 «Государственная система обеспечения единства измерений. Национальные стандарты на методики поверки. Наименование стандарта на методику поверки должно состоять из группового заголовка, содержащего наименование системы стандартов "Государственная система обеспечения единства измерений", заголовка, включающего наименование и условное обозначение (если есть) группы поверяемых средств измерений, и подзаголовка "Методика поверки".

По результатам разработки и опробования методик поверок происходит согласование данных методик с аккредитованными на проведение испытаний средств измерений и участвовавшими в их проверке юридическими лицами, в соответствии с установленным порядком утверждения, отмены или изменения методик, предусмотренным настоящим приказом.

Требования к методикам поверки средств измерений направлены на обеспечение высокой точности и достоверности результатов поверки. Соблюдение этих требований позволяет создать эффективные и надежные методики, которые гарантируют правильную работу средств измерений и обеспечивают единство измерений в различных областях деятельности.

Список литературы

1. Об информации, информационных технологиях и о защите информации: Федеральный закон РФ от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ (ред. от 29 декабря 2022 г.; с изм. и доп., вступ. в силу с 1 марта 2023 г.).

2. Об утверждении порядка установления и изменения интервала между поверками средств измерений, порядка установления, отмены методик поверки и внесения изменений в них, требований к методикам поверки средств измерений: Приказ Минпромторга России от 28 августа 2020 г. N 2907.

3. 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: Приказ Минпромторга России от 11 февраля 2020 г. № 456.

4. Поверка и калибровка средств измерений: учебник для студентов, обучающихся по направлению подготовки 27.03.01 «Стандартизация и метрология», профили «Метрологическое обеспечение производств», «Цифровая метрология» / Д.С. Ершов, А.В. Малахов, О.В. Алексашина. – Москва: Московский Политех, 2023. – 1 CD-R. – Текст: электронный.

Кассай Н.А.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
natalaaleksandrova74990@gmail.com
Савостикова О.Г.
старший преподаватель
Московский политехнический университет
Россия, Москва
ogsavostik@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН НЕСООТВЕТСТВИЯ КООРДИНАТ РАСПОЛОЖЕНИЯ КОЛОДЦЕВ В КОРПУСЕ ПРА ТРЕБОВАНИЯМ ЧЕРТЕЖА

Аннотация. Одной из главных стратегических целей АО «ОДК» в области качества является изготовление продукции высочайшего уровня безопасности и обеспечение конкурентоспособности российского двигателестроения на внутреннем и мировом рынках. Реализация этой амбициозной задачи немыслима без слаженной работы всех предприятий, входящих в контур АО «ОДК». Особенно это актуально, когда объемы выпускаемой продукции постоянно увеличиваются. Главной задачей данного исследования являлось повышение качества изготовления детали «Корпус ПРА», изготавливаемой как для нужд собственного производства, так и поставляемой по кооперации в ПАО «ОДК-УМПО». Наибольшие трудности при изготовлении данной детали вызывало обеспечение межосевого расстояния 78±0,02 между колодцами, в которые впоследствии устанавливаются валы конических шестерен привода, а также шероховатость поверхности (Ra 0.4) данных колодцев. По данным несоответствиям поступало большое количество претензий от ПАО «ОДК-УМПО».

Ключевые слова: качество, несоответствия, ПРА, шероховатость, межосевое расстояние.

Kassai N.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
natalaaleksandrova74990@gmail.com
Savostikova O.G.
Senior Lecturer
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ogsavostik@mail.ru

INVESTIGATION OF THE REASONS FOR THE DISCREPANCY BETWEEN THE COORDINATES OF THE LOCATION OF WELLS IN THE CONTROL GEAR HOUSING AND THE REQUIREMENTS OF THE DRAWING

Abstract. One of the main strategic goals of UEC JSC in the field of quality is to manufacture products with the highest level of safety and ensure the competitiveness of the Russia,n engine industry in the domestic and global markets. The implementation of this ambitious task is unthinkable without the coordinated work of all enterprises included in the framework of UEC JSC. This is especially true when production volumes are constantly increasing. The main objective of this study was to improve the quality of manufacturing of the “Gearbox Housing” part, manufactured both for the needs of our own production and supplied through cooperation to PJSC “UEC-UMPO”. The greatest difficulties in the manufacture of this part were caused by ensuring an interaxial distance of 78 ± 0.02 between the wells, into which the drive bevel gear shafts are subsequently installed, as well as the surface roughness (Ra 0.4) of these wells. Based on these discrepancies, a large number of claims were received from PJSC "UEC-UMPO".

Keywords: quality, inconsistencies, ballasts, roughness, center distance.

Для выявления причин несоответствия координат расположения колодцев в корпусе ПРА требованиям чертежа была составлена диаграмма Исикава и карта потока создания ценности [1].

При помощи диаграммы Исикавы были определены следующие основные причины возникновения несоответствий:

— отсутствие сходимости результатов измерений на приборе при контроле в процессе обработки и на окончательном контроле,

— несогласованность методов контроля с предприятием-потребителем,

— несоответствие геометрической и технологической точности оборудования для обработки данной детали.

Проанализировав карту потока создания ценности, было выявлено, что несоответствия, в основном, появляются после выполнения токарных и вертикально-сверлильных операций [3].

Перед разработкой ТП обработки детали необходимо провести тщательный анализ конструкторской документации на технологичность, согласованность допусков, контролепригодность и т.п. для оценки возможности последующего изготовления и контроля детали [4].

В результате анализа чертежа корпуса ПРА (рис. 1), было установлено, что из-за его ветхости некоторые допуска на размеры, например, 66,98±0,03 нечитаемые. Кроме того, ошибочно указан размер для справок 66?98* между колодцами «Л» и «Н», вследствие чего были допущены ошибки в ТП ПК «Салют» и в документации на входной контроль в ПАО «ОДК-УМПО».

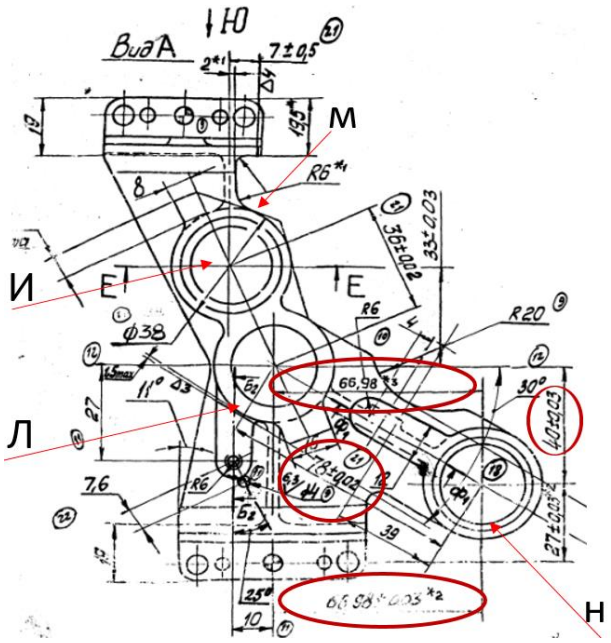


Рис. 1. Элемент чертежа корпуса ПРА

Размерная цепь по чертежу строится следующим образом: колодец «Н» закоординирован относительно отверстия $\varnothing 6^{+0,013}$ на расстояниях 27±0,03, и 66,98±0,03. Колодец «Л» закоординирован относительно колодца «Н» на расстояниях 78±0,02 и 40±0,03.

Размеры 78±0,02, 40±0,03 и 66,98±0,03 образуют между собой прямоугольный треугольник (рис 2а), поэтому мы можем воспользоваться теоремой Пифагора, по которой:

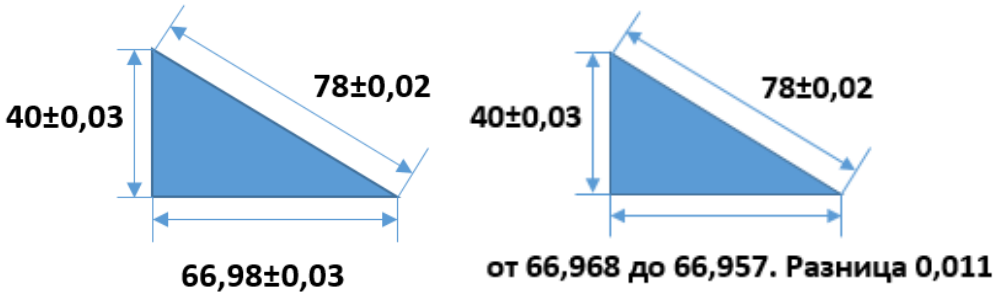
$$a^2 = b^2 + c^2, \text{где}$$

где a^2 – квадрат гипотенузы

$b^2 + c^2$ – сумма квадратов катетов

В нашем случае формула 1 примет следующий вид:

$$a^2 = b^2 + c^2 \rightarrow 78^2 = 40^2 + 66{,}98^2$$



а) б)

Рис. 2. А) размеры, образующие на чертеже прямоугольный треугольник; б) исправленные размеры, образующие на чертеже прямоугольный треугольник

При катетах в 40 мм и 66,98 мм, гипотенуза = 78,0148, а не 78,000. Чтобы равенство стало верным необходимо вычислить значение катета c по следующей формуле:

$$c = \sqrt{a^2 - b^2}, \text{т. е.}$$

$$c = \sqrt{78^2 - 40^2} = \sqrt{6084 - 1600} = \sqrt{4484} \approx 66{,}963$$

Из вычислений выше следует, что номинал этого размера должен быть равен 66,963, чтобы получить межосевое расстояние равное 78 мм.

Вычислим значение этого размера на верхнем и нижнем допуске соответственно:

$$c_{max} = \sqrt{78{,}02^2 - 40{,}03^2} = \sqrt{6087{,}120 - 1602{,}401} = \sqrt{4484{,}719} \approx 66{,}968$$

$$c_{min} = \sqrt{77{,}98^2 - 39{,}97^2} = \sqrt{6080{,}889 - 1597{,}601} = \sqrt{4483{,}288} \approx 66{,}957$$

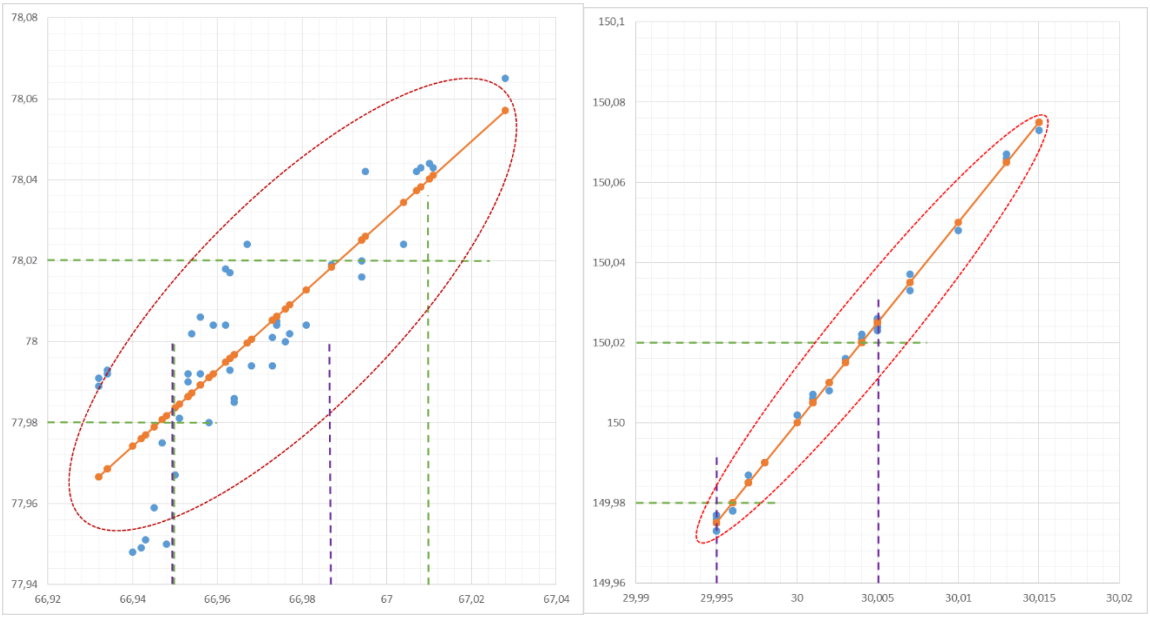
Кроме того, имеет место несогласованность допусков на некоторые размеры. Так при изготовлении детали на верхнем и нижнем допуске размеров 78±0,02 и 40±0,03 на размер 66,963 остается допуск шириной всего 0,011 мм (рис. 2б), что вызывает несогласованность допусков на размеры.

Вывод: в чертеже имеет место несогласованность допусков и неверно указан размер для справок, все эти причины явились предпосылками к несоответствиям при изготовлении корпуса ПРА.

Рекомендации:

1. Перевыпустить чертеж, заменить его базе данных TEAMCENTRE, (внести изменения – убрать (изменить) размер 66,98*3);
2. Внести изменения в ТП в ПК «Салют» АО «ОДК»

Так же была проведена статистическая обработка результатов измерения на КИМ предыдущей партии корпусов ПРА в количестве 44 шт., которая показала корреляцию между размерами 78±0,02 и 66,98*, 150±0,02 и 30±0,02 (рис. 3 а и б, соответственно) [2].



а) б)

Рис. 3. А) корреляция между размерами 78±0,02 и 66,98; б) корреляция между размерами 150±0,02 и 30±0,02*

По результатам анализа можно сделать следующие выводы:

– Для того, чтобы размер 78±0,02 находился в пределах допуска и отсеялось максимальное количество значений, выходящих за эти пределы, размер 66,98 должен иметь допуска + 0,006 и – 0,03, что можно обеспечить технологически.

– Для того, чтобы размер 150±0,02 находился в пределах допуска и отсеялось максимальное количество значений, выходящих за эти пределы, размер 30,0 должен иметь допуск ± 0,005, что можно обеспечить технологически.

Таким образом, всесторонний анализ помогает определить причины возникновения несоответствий и задаёт направление для дальнейшей деятельности по улучшению качества выпускаемого изделия [5].

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 13053-2-2015 Статистические методы. Количественные методы улучшения процессов "ШЕСТЬ СИГМ". Часть 2

2. ГОСТ Р 50779.44-2001. Статистические методы. Показатели возможностей процессов. Основные методы расчета. – Введ. 2001.10.02. – Москва: Госстандарт России, 2014 – 20 с.

3. Инструментальные материалы: Учебн. пособие / Г.А. Воробьева, Е.Е. Складнова, А.Ф. Леонов, В.К. Ерофеев. – СПб.: Политехника, 2005. – 268 с.

4. Разработка технологических процессов изготовления деталей в машиностроении : учеб. пособие / В.А. Ванин, А.Н. Преображенский, В.Х. Фидаров. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 332 с.

5. Статистические методы в управлении качеством продукции /В.В Ефимов, Т.В. Барт. – М.: КНОРУС, 2006. – 136 с.

Натахина О.А.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
Olesya7.Aleksandrovna@yandex.ru
Научный руководитель: ***Ершов Д.С.***
к.т.н., доцент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
ershov.metrolog@mail.ru

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОРЯДКУ ПРОВЕДЕНИЯ АТТЕСТАЦИИ МЕТОДИК (МЕТОДОВ) ИЗМЕРЕНИЙ

Аннотация. Рассматривается разработка методических рекомендаций по порядку проведения аттестации методик (методов) измерений. Работа включает анализ нормативных документов, рассмотрение оценки показателей точности в процессе аттестации методик (методов), а также методические рекомендации, которые дополняют требования ГОСТ Р 8.563-2009 и Приказа №4091. Разработанные методические рекомендации включают дополнения и выделяют систематические противоречия в методах измерений в процессе аттестации. Проведенные исследования показали, что разработанные рекомендации позволяют стандартизировать и унифицировать процесс аттестации методик измерений и повысить качество выполняемых работ.

Ключевые слова: аттестация методик (методов) измерений, обеспечение единства измерений, методические рекомендации, государственное регулирование обеспечение единства измерений.

Natakhina O.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Olesya7.Aleksandrovna@yandex.ru
Scientific Advisor: ***Ershov D.S.***
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ershov.metrolog@mail.ru

DEVELOPMENT OF METHODOLOGICAL RECOMMENDATIONS FOR THE PROCEDURE FOR CERTIFICATION OF MEASUREMENT METHODS (METHODOLOGIES)

Abstract. The development of certification of measurement techniques (methods) according to the procedure for certification of measurement techniques (methods) is considered. The work includes an analysis of regulatory documents, consideration of the assessment of accuracy indicators in the process of certification of methods (methods), as well as methodological recommendations that complement the requirements of GOST R 8.563-2009 and Order No. 4091. The developed methodological recommendations include additions and highlight systematic

contradictions in measurement methods (methods) in the certification process. The conducted research has shown that the developed recommendations make it possible to standardize and unify the certification process of measurement techniques (methods) and improve the quality of work performed.

Keywords: certification of measurement techniques (methods), ensuring the uniformity of measurements, methodological recommendations, state regulation of ensuring the uniformity of measurements.

Аттестация методик (методов) измерений является комплексным и сложным процессом, требующим больших трудозатрат от специалиста. В свою очередь данный процесс является неотъемлемой частью стандартизации, а также основополагающим процессом в сфере метрологического обеспечения.

Актуальность данной статьи обусловлена необходимостью улучшения существующих подходов к аттестации методик измерений, повышения точности и надежности измерений, а также обеспечения их соответствия современным требованиям и стандартам.

В связи с этим целью работы являлось формирование методических рекомендаций, которые обеспечат стандартизированный и эффективный порядок проведения аттестации методик (методов) измерений, способствующий повышению точности и надежности результатов измерений в различных областях науки и техники.

Законодательные основы российской метрологии определены сегодня самыми высокими актами. Одним из таких является Конституция Российской Федерации, в частности, статья №71. Она устанавливает, что в ведении Российской Федерации находятся стандарты, эталоны, метрическая система и исчисление времени. В результате данные положения Конституции позволяют укоренить централизованное управление основополагающими вопросами законодательной метрологии.

В продолжение данной конституционной нормы был разработан Федеральный закон от 26.06.2008 г. №102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», направленный на укрепление и развитие существующей конституционной системы и нормы в области метрологии, который устанавливает правовые основы обеспечения единства измерений [5]. Он регулирует отношения органов государственной власти Российской Федерации с юридическими и физическими лицами в целях изготовления, выпуска, эксплуатации, импорта и ремонта средств измерений. Таким образом, это направлено на защиту законных прав и интересов граждан, установленного порядка и экономики Российской Федерации от негативных последствий неточных измерений.

В системе обеспечения единства измерений законодательством Российской Федерации выделено особое внимание сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений – области экономики, в которой государство несет ответственность.

Статья 5 ФЗ № 102-ФЗ предусматривает разные формы отнесения измерений к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений. К ним также относится аттестация методик (методов) измерений, которая включает в себя косвенные измерения, оценку значений характеристик погрешности, и подтверждение соответствия методики установленным требованиям к измерениям [4]. Разработку методик измерений осуществляют на основе исходных данных, которые могут быть приведены в техническом задании, технических условиях и других документах. Требования к точности измерений приводят путем задания показателей точности и ссылки на документы, в которых эти значения установлены. Требования к точности измерений устанавливают с учетом всех составляющих погрешности (методической, инструментальной, вносимый оператором) [2].

Порядок аттестации методов (методов) измерений и их применения устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений (Приказ Минпромторга России от 15.12.2015 г. № 4091 [3]).

Данная процедура охватывает множество научных и инженерных дисциплин, что требует интердисциплинарного подхода и знаний в различных областях науки и техники. Всё это делает аттестацию методик измерений одной из самых сложных и ответственных задач в метрологии, требующей сочетания технических знаний, практического опыта и соблюдения стандартов и сопутствующих протоколов.

В связи с этим разработка методических рекомендаций по порядку проведения аттестации методик измерений необходима для обеспечения правильного и надежного проведения таких процедур. Это позволяет установить четкие критерии и требования к проведению аттестации, что способствует повышению точности и достоверности результатов измерений [1].

Кроме того, такие методические рекомендации помогают стандартизировать процедуры аттестации методик измерений, что упрощает их проведение и обеспечивает единый подход к этому процессу. Это также способствует снижению вероятности ошибок и повышению качества проводимых измерений.

Таким образом, разработка методических рекомендаций по порядку проведения аттестации методик измерений является важным инструментом для обеспечения надежности и качества измерительных процедур.

Рассмотрим процедуру аттестации методики измерений одной из антенных измерительных систем на примере измерения относительных уровней боковых лепестков диаграммы направленности по результатам измерений амплитуд сигналов на выходе согласованного фильтра. Теоретические и экспериментальные исследования включают в себя установление показателей точности результатов измерений, получаемых по аттестуемой методике.

Данная методика реализует косвенный метод измерений на основе измерений значений амплитуд сигналов с помощью программы. Показателями

точности являются границы интервала относительной погрешности измерений уровней первых боковых лепестков диаграммы направленности $\delta_{бок}$ с вероятностью $P = 0,95$ в используемом динамическом диапазоне.

Показатели точности могут быть указаны в виде формул, а их численные значения определены при обработке результатов измерений.

Для проведения измерений необходимы следующие средства измерений:

1. Генератор сигналов.
2. Рупор измерительный широкополосный.
3. Преобразователь измерительный.
4. Лазерный дальномер.

Для начала определяются относительные уровни боковых лепестков $b_{бок}$, дБ по формуле:

$$b_{бок} = 20 \cdot \lg\left(\frac{A_{бок}}{A_{max}}\right),$$

где A_{max} – амплитуда в максимуме главного лепестка диаграммы направленности;

$A_{бок}$ – амплитуда бокового лепестка диаграммы направленности.

Амплитуды сигналов A_{max} и $A_{бок}$ определяются на выходе согласованного фильтра после аналого-цифрового преобразования сигнала.

Подставляя значения A_{max} и $A_{бок}$, получены в логарифмической форме:

$$b_{бок} = 20 \cdot \lg\left(\frac{453340}{2178434}\right) = 13,6 \text{ дБ}.$$

Плотность потока энергии в раскрыве антенного полотна ППЭ, Вт/$м^2$. вычисляется по формуле:

$$ППЭ = \frac{P \cdot G}{4 \cdot \pi \cdot R^2},$$

где P – мощность, подаваемая на рупор измерительный широкополосный, измеренная измерительным преобразователем, Вт; G – коэффициент усиления рупора измерительного широкополосного; R – расстояние от центра антенны до рупора, измеренное лазерным дальномером, м.

По результатам вычислений плотность потока энергии составила $6,72 \cdot 10^{-11}$ Вт/$м^2$.

Погрешность измерений амплитуды сигнала определяется:

– погрешностью вызванную шумами и флуктуациями сигнала;

– погрешностью отклонения амплитудной характеристики приемного такта от линейной.

Что касается погрешности, вызванной шумами и флуктуациями сигнала, значения границ погрешности, полученные с шагом 10 дБ, зависят от уровня сигнала и увеличиваются при уменьшении отношения сигнал/шум. В расчетах использовано максимальное значение для каждого диапазона значений амплитуд сигнала.

Путем математических вычислений получена погрешность отклонения амплитудной характеристики приемного такта от линейной ($\pm 0,0360$).

Границы абсолютной погрешности измерений амплитуды сигнала $\Delta A_{\max}$ определяются по формуле:

$$\Delta A_{\max} = \pm\sqrt{\left(A_{\max}\cdot\delta A_N\right)^2 + \left(A_{\max}\cdot\delta л\right)^2 + \left(A_{\max}\cdot\delta д_{\max}\right)^2},$$

где δA_N – границы погрешности; $\delta л$ - среднее квадратическое отклонение амплитудной характеристики от линейной; $\delta д_{\max}$ – границы относительной погрешности измерения амплитуды сигнала максимума лепестка диаграммы направленности за счет дискретности построения диаграммы направленности.

После проведения математической обработки, границы абсолютной погрешности измерений алитуды сигнала $\Delta A_{\max}$ составляют $\begin{matrix}+262565\\ -221170\end{matrix}$.

В процессе исследований определены фактические границы абсолютной погрешности.

Границы интервала относительной погрешности измерения уровня боковых лепестков диаграммы направленности $\delta_{бок}$ по азимуту и углу места определялись с использованием формулы

$$\delta_{\text{бок}} = \pm\frac{\sqrt{\left(\frac{A_{\text{бок}}}{A_{\max}}\cdot\Delta A_{\max}\right)^2 + \left(\frac{1}{A_{\max}}\cdot\Delta A_{\text{бок}}\right)^2}}{b_{\text{бок}}}.$$

Они составили $\begin{matrix}+0,171\\ -0,144\end{matrix}$ и $\begin{matrix}+0,171\\ -0,144\end{matrix}$ соответственно.

Однако, в классической литературе первичный анализ показал противоречия данной известной математической зависимости, что выявилось в данной уже аттестованной методике. Использование 20 десятичных логарифмов говорит нам о неких зависимостях напряжения, однако в методике кроме единиц измерения мощности найдены не были. Тогда стоит отметить, что амплитуды сигналов $A_{\max}$ и $A_{\text{бок}}$ определяются на выходе согласованного фильтра после аналого-цифрового преобразования сигнала.

Это является наиболее частой ошибкой в процессе аттестации радиоизмерительных методик. Соответственно, результаты оценки показателей точ-

ности не являются действительными. На основании данной систематической ошибки рекомендуется проверять размерность при отсутствии проведения экспериментальной проверки показателей измерений.

Также остро стоит вопрос в отсутствии общей базы аттестованных методик (методов) средств измерений военного назначения в военных организациях. На практике при большом количестве поступаемых на аттестацию методик специалист часто проводит аттестацию одной и той же методики и/или с похожими показателями, что не унифицирует работу сотрудника. Рекомендуется создать общий реестр подобных методик, чтобы прежде, чем приступать к аттестации, можно было посмотреть подобный процесс на уже аттестованных ранее методиках для оптимизации работы.

Список литературы

1. Гамазина В. С. К вопросу обеспечения единства измерений. Дневник науки. – 2019. – №. 6. – С. 27-27.
2. ГОСТ Р 8.563-2009. Методики (методы) измерений.
3. Приказ Министерства промышленности и торговли от 15 декабря 2015 г. № 4091 «Об утверждении порядка аттестации первичных референтных методик (методов) измерений, референтных методик (методов) измерений и методик (методов) измерений и их применения».
4. Санникова А., Гвоздева Н. Аттестация методик (методов) измерений как элемент обеспечения единства измерений //Роль технического регулирования и стандартизации в эпоху цифровой экономики.– Екатеринбург, 2020. – 2020. – С. 274-280.
5. Федеральный закон от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».

Михно А.А.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
Mihno-nastya@mail.ru

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ВСТАВКИ ПРЕСС-ФОРМЫ

Аннотация. Предложена методика метрологического обеспечения формообразующей вставки пресс-формы. Представленные методы и технологии контроля качества формообразующих вставок, обеспечивают точность, надежность и повышение эффективности производства.

Ключевые слова: метрология, метрологическое обеспечение, средства измерений, контроль, точность, погрешность.

Mikhno A.A.
Student

Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Mihno-nastya@mail.ru

METROLOGICAL SUPPORT FOR THE MANUFACTURE OF THE MOLDING INSERTS OF THE PRESS MOLD

Abstract. A method for metrological support of the mold insert is proposed. The presented methods and technologies for quality control of molding inserts ensure accuracy, reliability and increased production efficiency.

Keywords: metrology, metrological support, measuring instruments, control, accuracy, error.

Актуальность темы заключается в том, что метрологическое обеспечение производства является неотъемлемой частью системы менеджмента качества, которая направлена на повышение эффективности производства, а также на укрепление доверия потребителей к продукции предприятия.

Формообразующая вставка пресс-формы – это часть пресс-формы, которая задаёт форму и размеры детали, получаемой при литье металлов под давлением. Это детали, которые непосредственно соприкасаются с расплавленным металлом, нагреваются до 100-500°С и формируют практически готовую деталь-отливку. Контроль изготовления таких формообразующих вставок требует применения современных средств измерения, стандартов и нормативов. Пресс-форма – это сложный технологический инструмент, который используется при литье под давлением, прессовании металлов. Она изготавливается из высококачественной инструментальной стали 4×5МФС с первичной механической и термической обработкой, последующей чистовой механической обработкой и финишной химико-термической обработкой [5].

Метрологическое обеспечение (МО) – это установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, которые необходимы для обеспечения единства и достижения требуемой точности при проведении измерений [7]. В ходе МО производства продукции требуемые показатели качества обеспечиваются путем проведения измерительного контроля на каждом этапе технологического процесса [4]. Технические требования к пресс-формам отображены в [2].

Изготовление пресс-форм – ключевой этап, от которого зависит, насколько качественно и правильно получатся детали. Изготовление изделий из металла требует тщательного планирования, выбора правильных материалов, использования передовых технологий и проверки качества. Предварительно плиты пресс-форм подвергаются начальной обработке на фрезерных или строгальных станках. Поверхности плит подвергаются финишной обработке на плоскошлифовальных станках, а отверстия с высокими требованиями к точности расположения обрабатываются на координатно-шлифовальных станках. Создание формообразующих поверхностей матриц

и пуансонов представляет собой сложный процесс, требующий специализированных станков и высококвалифицированного ручного труда. Сложные формообразующие полости матриц производят на станках с ЧПУ, что повышает производительность и качество обработки. Это позволяет сократить объем слесарных работ. Применение пресс-форм является ключевым при изготовлении разнообразных типов деталей и изделий. Они следят за тем, чтобы процесс литья был последовательным и точным, что имеет решающее значение для создания многих изделий [5].

Для обеспечения точности размеров пресс-формы проводятся измерения с помощью различных инструментов. Для контроля геометрии пресс-формы измеряют ее параллельность, перпендикулярность и плоскостность с помощью специализированных инструментов. Температура пресс-формы регулируется для обеспечения качества формования и эффективности алюминиевых деталей. Используются методы контроля температуры для поддержания оптимальных условий процесса [5]. Средства измерений (СИ) для контроля геометрических параметров изделий представляют собой техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени [7].

СИ, необходимые для контроля формообразующей вставки пресс-формы:

Контрольно-измерительная машина (КИМ) может управляться вручную, оператором, или автоматизировано, через компьютер. Измерения проводятся с помощью датчика, прикрепленного к подвижной оси машины.

Штангенциркули (0-500 мм, 0.05, длина губок 150 мм;0-1000 мм, 0.05, длина губок 150 мм) – самый универсальный инструмент, им можно измерить изделие как внутри, так и снаружи.

Микрометры (0-25 мм;25-50 мм;75-100 мм;100-125 мм) – более точный инструмент для измерения, чем штангенциркуль.

Линейка лекальная (200 мм) – профессиональный измерительный инструмент, предназначенный для контроля прямолинейности и плоскостности поверхностей.

Профилометр используется для измерения шероховатости по параметрам Ra, Rz, Ry/Rmax. Если шероховатость грубая и на формообразующей поверхности остались следы от обработки, то они будут и на детали.

Нутромер измеряет внутренний диаметр. Нутромер бывает двух- и трехточечным. Чаще всего используют последние, они предназначены для точного измерения внутренних диаметров цилиндров, втулок, сквозных и глухих отверстий.

Глубиномер микрометрический (ГМЦ-150 0,001 электронный) – предназначен для измерения глубины пазов, отверстий и высоты уступов и применяются в условиях, требующих повышенную точность измерений.

Индикатор электронный ИЦ – предназначен для абсолютных и относительных измерений и контроля отклонений от заданной геометрической формы детали, а также взаимного расположения поверхностей.

Концевые меры длины (N 1 кл.0 (0-Н1) – еще один часто использующийся инструмент. Его применяют для разных целей, например для внутренних прямоугольных замеров. Его можно использовать также и для проверки самих средств измерения.

Твердомер Роквелла-Бринелля магнитный – предназначен для измерения твердости стальных и чугунных поверхностей, как плоских, так и цилиндрических, в условиях цеха с точностями стационарных твердомеров.

Плита поверочная (гранитная 1000×630×140 кл 00) – предназначена для определения перпендикулярности и параллельности поверхностей пресс-форм, обеспечивает высокую точность и качество их изготовления.

Портативный анализатор химического состава материала- спектрометр химического состава металлов позволяет быстро и точно определять элементный состав различных материалов.

Калибр-пробка – это приборы, применяемые для определения диаметра или ширины отверстий и деталей.

Все средства измерения (СИ) используемые при проведении приемочного контроля должны быть поверенными, что должно подтверждаться действующими сертификатами, которые должны прилагаться к документации на изготовленные детали [6].

Рассмотрим приемочный контроль (ПК) заготовки формообразующей вставки пресс-формы, самой формообразующей вставки пресс-формы и отливки из пресс-формы-детали рама 3РД-400.

Основная задача приемочного контроля (ПК) – это проверка качества окончательного продукта перед его отправкой на рынок или использованием потребителем. ПК включает в себя проверку всех характеристик и параметров продукции или услуги, а также условий и сроков ее поставки [3].

Для того, чтобы проконтролировать качество заготовки формообразующей вставки пресс-формы необходимо выполнить входной контроль (ВК).

1) На этапе ВК заготовки формообразующей вставки пресс-формы следует измерить данные параметры:

- точность геометрических размеров и формы заготовки
- шероховатость поверхности заготовки
- химический состав материала заготовки
- твердость заготовки

Первым этапом необходимо проводить контроль внешнего вида заготовки на соответствие геометрических параметров детали и обнаружение дефектов (царапин, сколов, трещин, рисок, ржавчины и др.) визуальным методом.

Для контроля геометрии заготовки используем штангенциркули с различными техническими характеристиками, микрометры с различными тех-

ническими характеристиками, концевые меры длины, профилометр, нутромер, глубиномер микрометрический, поверочную плиту. С помощью штангенциркуля измеряем номинальные значения размеров заготовки. Химический состав материала заготовки проверяем при помощи портативного анализатора. Перпендикулярность и параллельность поверхности заготовки формообразующей вставки пресс-формы проверяется при помощи поверочной плиты.

Измеряем шероховатость поверхности заготовки с помощью профилометра. Резьбу отверстия измеряем резьбовым калибром-пробкой. Затем необходимо произвести термическую обработку заготовки детали, а после измерить твердость при помощи магнитного твердомера Роквелла-Бринелля.

После того как измерили все значения заготовки, ее необходимо отправить на сборку самой формообразующей вставки пресс-формы.

2) На этапе ПК формообразующей вставки пресс-формы проверяются следующие параметры:

- геометрические размеры и форма формообразующей вставки пресс-формы
- шероховатость поверхности формообразующей вставки пресс-формы

Первым этапом необходимо провести контроль внешнего вида детали на соответствие геометрических параметров и обнаружение дефектов, таких как царапины, сколы, недоливы, пористость, трещины, риски, ржавчина и др. Измерения формообразуюшей вставки пресс-формы проводим при помощи штангенциркулей, глубиномера микрометрического, профилометра, поверочной плиты. Также можно измерять некоторые параметры, используя КИМ. Глубину отверстий детали измерять глубиномером. Шероховатость - профилометром каждую поверхность пресс-формы.

3) Произведя контроль формообразующей вставки пресс-формы, необходимо выполнить ПК готовой отливки детали рама 3РД-400, произведенной с помощью пресс-формы.

Проводим оценку внешнего вида отливки детали и приступаем к измерению геометрии отливки при помощи штангенциркуля. Проверка внешнего вида производится осмотром без применения оптических увеличительных приборов.

Критерий: детали не должны иметь трещин, недоливов, неслитин, пористости, усадочных дефектов глубиной более 0,5 мм. Следы толкателей не должны выступать или быть заглублены более чем на 1 мм. Маркировка должна быть легко читаема. Следы литниковой системы должны быть зачищены заподлицо к основной поверхности. Облой должен быть зачищен. Дефекты в местах установки резиновых торсионов не допускаются. В ходе проверки дефектов не обнаружено. Измеряю геометрию отливки штангенциркулем.

После контроля всех геометрических параметров необходимо произвести окончательную термообработку – азотирование контрольного образца заготовки формообразующей вставки пресс-формы и самой формообразующей вставки пресс-формы на глубину 0,2-0,3 мм.

Для того, чтобы измерить глубину азотированного слоя нужно разрезать образец заготовки и произвести полировку. Оценку качества азотированного слоя проводят путем анализа микроструктуры с учетом двух параметров: глубины азотированного слоя и количества и размеров нитридов.

Для того, чтобы измерить глубину азотированного слоя нужно разрезать образец заготовки и произвести полировку. После подготовки образцов можно использовать оптический микроскоп для изучения структуры материала и определения глубины проникновения азота.

После проведения всех этапов ПК проводим оценку результатов и заключение о годности партии: при получении положительных результатов испытаний партия деталей считается годной. При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы на одном изделии по одному из указанных показателей, проводят повторную проверку по всем показателям на удвоенном числе изделий, отобранных из этой же партии. Результаты испытаний распространяются на всю партию.

Разработанные этапы приемочного контроля, предложенные практические решения для повышения качества и конкурентоспособности продукции на основе точных и надежных методов контроля, позволят провести эффективное метрологическое обеспечение формообразующей вставки пресс-формы. Перспективы дальнейшего совершенствования метрологического обеспечения связаны с внедрением новых технологий измерений и контроля, что позволит еще более повысить качество и надежность продукции.

Список литературы

1. Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон РФ от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ (ред. от 11 июня 2021 г., с изм. и доп., вступ. в силу с 29 декабря 2021 г.).
2. ГОСТ 19946-74 Пресс-формы для литья под давлением деталей из цветных сплавов. Технические условия. Введ. 1975-07-01.
3. ГОСТ Р 50779.30-95. Статистические методы. Приемочный контроль качества. Общие требования. Введ. 1996-07-01.
4. Д.С. Ершов, О.Ф. Вячеславова, И.Е. Парфеньева./ Метрологическое обеспечение машиностроительного производства/ Издательство Московского Политеха. 2023.
5. И.И.Горюнов. 1973. Пресс-формы для литья под давлением. Справочное пособие. Л., «Машиностроение», 1973. 256 с.
6. И.А.Лежнина, А.А.Уваров/ Метрологическое обеспечение производства: учебное пособие / Томский политехнический университет. − Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 120 с.
7. РМГ 29-2013. Государственная система измерений. Метрология. Основные термины и определения. Введ. 2015-01-01. Москва: Стандартинформ.

Мешкова А.Е.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
arinameshkova2002@yandex.ru
Научный руководитель: ***Ершов Д.С.***
к.т.н., доцент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
ershov.metrolog@mail.ru

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ ДЛЯ ГАЗОАНАЛИЗАТОРА OXYBABY M+ ДЛЯ O_2/CO_2

Аннотация. Разработана методика калибровки газоанализатора OXYBABY M+ для измерения содержания кислорода (O2) и углекислого газа (CO2). Работа включает анализ нормативных документов, существующих методик калибровки СИ, а также разработку новой методики, которая соответствует требованиям ГОСТ Р 8.879-2014. Разработанная методика включает подготовку оборудования, использование эталонных газовых смесей и оценку неопределенности измерений. Проведенные исследования показали, что предложенная методика позволяет повысить точность измерений и снизить затраты на метрологическое обеспечение.

Ключевые слова: калибровка, средства измерений, газоанализатор, метрологическое Обеспечение единства измерений, неопределенность измерений, погрешность.

Meshkova A.E.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
arinameshkova2002@yandex.ru
Scientific Advisor: ***Ershov D.S.***
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ershov.metrolog@mail.ru

DEVELOPMENT OF A CALIBRATION METHOD FOR THE OXYBABY M+ GAS ANALYZER FOR O_2/CO_2

Abstract. A calibration procedure for the OXYBABY M+ gas analyzer for measuring oxygen (O_2) and carbon dioxide (CO_2) has been developed. The work includes an analysis of regulatory documents, existing SI calibration methods, as well as the development of a new methodology that meets the requirements of GOST R 8.879-2014. The developed methodology includes the preparation of equipment, the use of reference gas mixtures and the assessment of measurement uncertainty. The conducted research has shown that the proposed method allows to increase the accuracy of measurements and reduce the cost of metrological support.

Keywords: calibration, measuring instruments, gas analyzer, metrological assurance of measurement uniformity, measurement uncertainty, inaccuracy.

OXYBABY M+ для O_2/CO_2 – это портативный газоанализатор, предназначенный для измерений содержания кислорода и диоксида углерода в инертных газах. Этот прибор широко используется в пищевой и упаковочной промышленности, и других отраслях, где контроль содержания кислорода и углекислого газа в атмосфере играет важную роль. Данное средство измерений (СИ) относится к СИ утвержденного типа, которые подлежат периодической поверке. Для обеспечения точности измерений и надежности результатов рекомендуется регулярная калибровка, которая позволяет корректировать показания прибора и обеспечивать соответствие его работы стандартам качества [5].

Калибровка СИ широко используется во всем мире в качестве инструмента для обеспечения единства измерений (ОЕИ). Федеральный закон

№102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» предусматривает использование калибровки вне сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений [6]. Следовательно, можно применять калибровку для газоанализатора OXYBABY M+ для O_2/CO_2.

В настоящее время распоряжением правительства РФ от 19 апреля 2017 года № 737-р утверждена стратегия ОЕИ в РФ. Согласно утвержденной стратегии, до 2025 года планируется существенно увеличить объем калибровочных работ по отношению к поверочным работам. Для проведения калибровки должна быть разработана соответствующая методика. Порядок ее разработки, общие требования к содержанию и изложению сформулированы в [3]. Согласно этим требованиям, методика должна содержать расчет неопределенности результатов измерений при калибровке для обеспечения их метрологической прослеживаемости [2].

Оценивание метрологических характеристик (МХ) и вычисление соответствующей неопределенности при калибровке газоанализатора включает следующие последовательные этапы в соответствии с [4]:

Составление уравнения измерений

При калибровке уравнение измерений выражает зависимость определяемой МХ СИ (выходной величины Y) от всех других величин (входных величин ^{X_i} . Xi , где $^{i=0,\ldots,n}$.), влияющих на получение оценки этой МХ:

$$Y = F\left(X_0, X_1, \ldots, X_n\right). \tag{1}$$

При калибровке многозначных мер или измерительного прибора в нескольких точках шкалы уравнение (1) преобразуется в систему уравнений:

$$\begin{cases} Y_1 = F_1\left(X_0, X_1, \ldots, X_n\right) \\ \qquad\qquad \ldots \\ Y_m = F_m\left(X_0, X_1, \ldots, X_n\right) \end{cases}. \tag{2}$$

В качестве выходной величины в уравнении измерений при калибровке могут быть:

– Значение калибруемой меры или его отклонение от номинального значения;

– Систематическая погрешность в фиксированной точке шкалы измерений;

– Значение МХ в точке диапазона измерений.

Оценивание входных величин и их стандартных неопределенностей

За значение входной величины принимают ее наилучшую оценку (то есть наименьшую, соответствующую стандартной неопределенности). Оценивание стандартной неопределенности по типу А применяют тогда, когда имеются результаты m независимых измерений одной из входных величин $X_i, i = 0,\ldots,n$. , проведенных в одинаковых условиях: $x_{i1},\ldots,x_{im}$ . . В качестве значения^{x_i} . этой величины принимают среднее арифметическое значение, вычисляемое по формуле [7]:

$$x_i = \overline{x_i} = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} x_{ij} . \qquad (3)$$

Стандартную неопределенность вычисляют по формуле СКО среднего арифметического значения:

$$u(x_i) = u_A(x_i) = \sqrt{\frac{1}{m(m-1)}\sum_{j=1}^{m}\left(x_{ij} - x_i\right)^2} = \frac{S_i}{\sqrt{m}} , \qquad (4)$$

где

$$S_1 = \sqrt{\frac{1}{m-1}\sum_{j=1}^{m}\left(x_{ij} - x_i\right)^2} . \qquad (5)$$

Исходными данными для оценивания значения величины и ее стандартной неопределенности по типу В являются следующие источники априорной информации:

– Данные предыдущих измерений этой величины, содержащиеся в протоколах измерений, свидетельствах о калибровках или поверках, или в других документах;

– Нормы точности измерений, указанные в технической документации на методы измерений и СИ;

– Значения констант, справочных данных и их неопределенности.

Оценивание выходных величин и их неопределенностей

Значение метрологической характеристики СИ при калибровке вычисляют по формуле (1) или (2), подставляя значения входных величин.

Рассчитывают вклад$^{u_i(y)}$. , где$^{i=0,\ldots,n}$. (или вклады$^{u_i(y_i)}$.) для каждого l □ 1,..., L выходного сигнала) в неопределенность измерений$^{y}\left(\text{или}^{y_1}\right)$. каждой входной величины Xi который вычисляют по формуле:

$$u_i(y) = |c_i|.u(x_i). , \tag{6}$$

где ci – коэффициент чувствительности по отношению к входной величине Xi , выражающий степень ее влияния на изменение выходной величины Y .

Дата неопределенности

Под составлением бюджета неопределенности понимается краткое формализованное изложение процедуры оценивания неопределенности измерений, унифицированная схема которой носит наглядный характер, позволяет легко проверить процедуру вычисления неопределенности и сравнить ее с аналогичными вычислениями в другой лаборатории [1].

Определение расширенной неопределенности

Расширенная неопределенность $U(y)$ равна произведению стандартной неопределенности охвата k: $u(y)$ измерений выходной величины y на коэффициент

$$U(y) = ku(y). \tag{7}$$

Прнльном распределении вероятностей измеряемой величины у коэффициент охвата принимают равным 2(k = 2). При этом расширенная неопределенность пмерно соответствует вероятности охвата 0,95.

Представление результатов калибровки

Результаты кибровки газоанализатора могут быть представлены одним из следующих способов [7]:

Таблица значений показаний газоанализатора в каждой калибруемой точке диапазона измерений с соответствующими расширенными неопределенностями и указанием коэффициента охвата;

– Таблица корректировок к показаниям газоанализатора в каждой калибруемой точке диапазона измерений и соответствующие расширенные неопределенности с указанием коэффициента охвата;

– Калибровочный коэффициент газоанализатора с его расширенной неопределенностью и указанием коэффициента охвата;

– Калибровочная функция и расширенная неопределенность в каждой точке диапазона измерений, либо параметры калибровочной функции с соответствующими расширенными неопределенностями и указанием коэффициентов охвата.

– Отклонения действительных значений от номинальных значений (или значений предыдущих калибровок) и соответствующие расширенные неопределенности с указанием коэффициента охвата для многозначных мер.

Калибровка газоанализаторов может предложить значительные экономические преимущества по сравнению с поверкой. Согласно данным ФГИС «АРШИН» за период с 2019 по 2023 годы количество поверенных газоанализаторов увеличилось почти в три раза, что свидетельствует о значительном росте спроса. С увеличением количества газоанализаторов, подлежащих поверке, возникает необходимость оптимизации затрат на их обслуживание. В качестве альтернативы поверке рассматривается калибровка, которая потенциально может снизить расходы, сохранив требуемую точность и надежность приборов. Тенденция четко показывает устойчивый рост, что указывает на растущий спрос последние года. (рисунок 1).

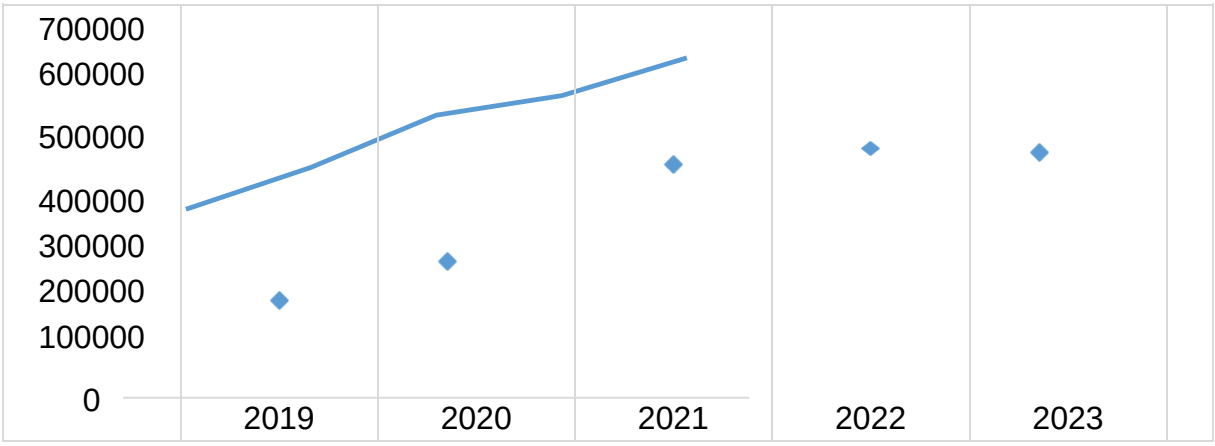


Рис. 1. Количество газоанализаторов, поверяемых каждый год с 2019 по 2023 год

Использование калибровки вместо поверки газоанализаторов может быть оправдано с точки зрения экономии времени и средств, а также удобства эксплуатации. Регулярная калибровка позволяет поддерживать высокую точность измерений и минимизировать время простоя оборудования. Важно учитывать, что калибровка должна проводиться квалифицированным персоналом и в соответствии с установленными стандартами, чтобы гарантировать надёжность и точность измерений. На основе усреднённых данных по стоимости поверки (5000 рублей) и калибровки (3000 рублей), были рассчитаны общие затраты на оба процесса за период с 2019 по 2023 годы (таблицы 1 и 2).

Таблица 1

Стоимость ежегодной поверки газоанализаторов

Год	Количество поверенных газоанализаторов	Стоимость (руб.)
2019	223133	1115665000
2020	339097	1695485000
2021	482470	2412350000
2022	535726	2678630000
2023	639247	3196235000

Таблица 2

Стоимость ежегодной калибровки газоанализаторов

Год	Количество поверенных газоанализаторов	Стоимость (руб.)
2019	223133	669399000
2020	339097	1017291000
2021	482470	1447410000
2022	535726	1607178000
2023	639247	1917741000

Наглядное сравнение представлено на рисунке 2.

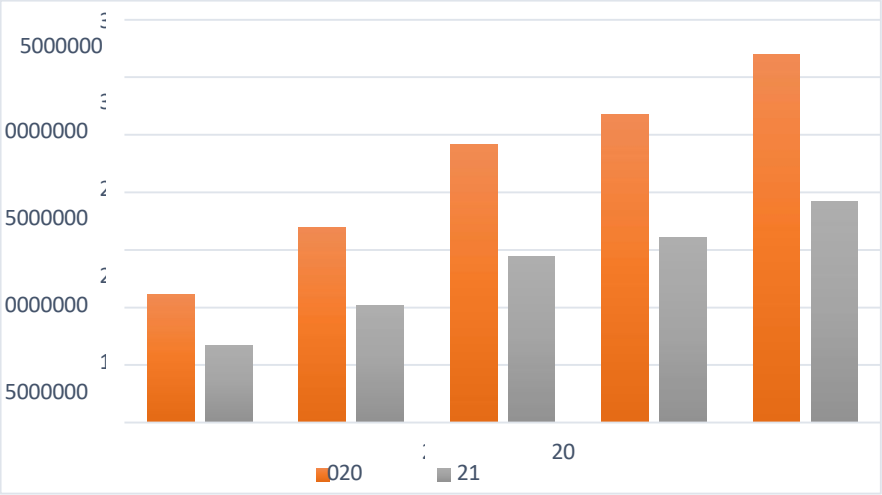


Рис. 2. Гистограмма сравнения поверки и калибровки

Переход на калибровку газоанализаторов вместо их поверки приносит значительные преимущества для предприятия как в техническом, так и в экономическом плане. В 2023 году экономия от использования этого метода составила бы более 1,27 миллиарда рублей. Этот факт демонстрирует значительную финансовую выгоду, особенно учитывая, что калибровка дешевле и не требует затрат на транспортировку и лабораторное оборудование.

Внедрение данной методики способствует снижению затрат на метрологическое обеспечение и повышению качества продукции. Дальнейшие ис-

следования могут быть направлены на адаптацию методики для других моделей газоанализаторов и разработку программного обеспечения для автоматизации процесса калибровки.

Список литературы

1. ГОСТ 34100.1–2017/ISO/IEC Guide 98-1:2009. Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по выражению неопределенности измерения. Введ. 2018–09–01. Москва: Стандартинформ.
2. ГОСТ ИСО/МЭК 17025–209 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. Введ. 2019–09–01. Москва: Стандартинформ.
3. ГОСТ Р 8.879–2014 ГСИ. Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению. Введ. 2015–09–01. Москва: Стандартинформ.
4. Ершов Д.С, Малахов А.В, Алексашина О.В. / Поверка и калибровка средства измерений / Издательство Московского Политеха. 2023.
5. Лиморенко В. П. / Калибровка / Советник метролога. 2021. № 3. С. 15–22.
6. Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон РФ от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ (ред. от 11 июня 2021 г., с изм. и доп., вступ. в силу с 29 декабря 2021 г.).
7. РМГ 29–2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Введ. 2018–01–01. Москва: Стандартинформ.

СЕКЦИЯ 2. МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

То Мань Хунг
аспирант
Московский политехнический университет
Россия, Москва
manhhungxm@gmail.com
Адылина А.П.
к.т.н., доцент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
dmitr1eva@mail.ru
Тран Ван Чиен
магистр инженерии
Акционерное общество «Айот Систем»
Вьетнам, Ханой
tvchien2016@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ВЫРАЩЕННЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ СТАЛЕЙ 12Х18Н10Т И 15Х25Т

Аннотация. Селективное лазерное плавление (SLM), которое относится к аддитивным технологиям или методам 3d-печати, в настоящее время является одним из инновационных направлений формирования сложно профильных металлических деталей. Новый подход, реализованный в технологии 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.

Ключевые слова: SLM, 12Х18Н10Т, 15Х25Т.

To Manh Hung
Postsgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
manhhungxm@gmail.com
Adylina A.P.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
dmitr1eva@mail.ru
Tran Van Chien
Master of Engineering
Aiot system joint stock company
Vietnam, Hanoi City
tvchien2016@gmail.com

STUDY OF THE INFLUENCE OF SELECTIVE LASER MELTING MODES AND SUBSEQUENT FINISHING TREATMENT ON THE SURFACE ROUGHNESS OF GROWN SAMPLES MADE OF STEELS 12X18H10T AND 15X25T

Abstract. Selective laser melting (SLM), which refers to additive technologies or 3D printing methods, is currently one of the innovative areas for the formation of complex profile metal parts. The new approach implemented in SLM technology has a number of undeniable advantages: it allows you to create products of any complex spatial configuration; will provide the fundamental possibility of synthesizing parts with gradient chemical composition; does not require labor-intensive preparatory operations, such as the design and manufacture of expensive equipment.

Keywords: SLM, 12X18H10T, 15X25T.

Проведенные в последние годы исследования технологического процесса SLM позволили существенно повысить качество синтезируемых объектов. За счет подбора оптимальных технологических параметров удалось получить минимальную пористость (менее 1%), снизить шероховатость поверхности изделий и толщину стенок деталей до 300 мкм. Однако в настоящее время метод SLM не находит широкого применения.

Несмотря на то, что аддитивные технологии в настоящее время – это стремительно развивающееся направление производства, и существует множество исследований механического поведения изделий, полученных при помощи 3D-печати, найти в литературе данные по гигацикловой усталости таких образцов трудно [1-3]. Однако, согласно исследованиям, SLM может привести как к анизотропии [4–6], так и к изотропии [5, 7, 8] свойств напечатанных объектов. Имеются сведения о зависимости анизотропии и уровней механических свойств от микроструктурных особенностей материала [9, 10].

Проведение такого комплекса исследований для коррозионностойких сталей, используемых при изготовлении деталей типа теплообменников, выпускаемых, как правило, в единичном или мелкосерийном производстве, представляется наиболее целесообразным. К числу таких сплавов относится теплостойкая коррозионностойкая сталь 12Х18Н10Т аустенитного класса. Важным является то, что стандартное состояние этой стали, необходимое для сравнительного анализа, легко достижимо путем закалки при 1150 °С в воду, имеет простую однофазную структуру и всесторонне изучено.

Помимо теплостойких аустенитных сталей в конструкциях различных объектов техники используется жаропрочная сталь 15Х25Т.

Если говорить о микрогеометрии поверхностного слоя в целом, то она может быть рассмотрена как совокупность шероховатости, волнистости и макроотклонений формы.

Были проведены испытания SLM-образцов стали 12Х18Н10Т с различной шероховатостью поверхности в одинаковых условиях испытаний. Полученные результаты представлены на рисунке 1. База испытаний 5×10^4 циклов.

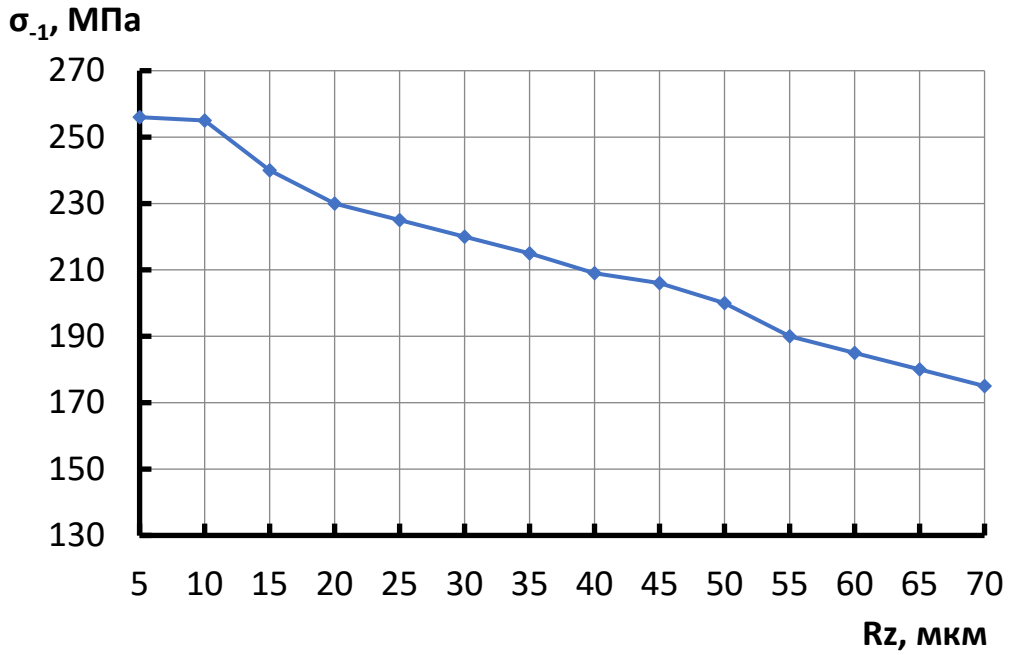


Рис. 1. Влияние шероховатости поверхности SLM-образца на предел малоцикловой усталости стали 12Х18Н10Т

Анализ полученных экспериментальных данных свидетельствует, что начиная с шероховатости более 10 мкм отмечается практически линейный характер снижения значения предела малоцикловой усталости испытуемых образцов.

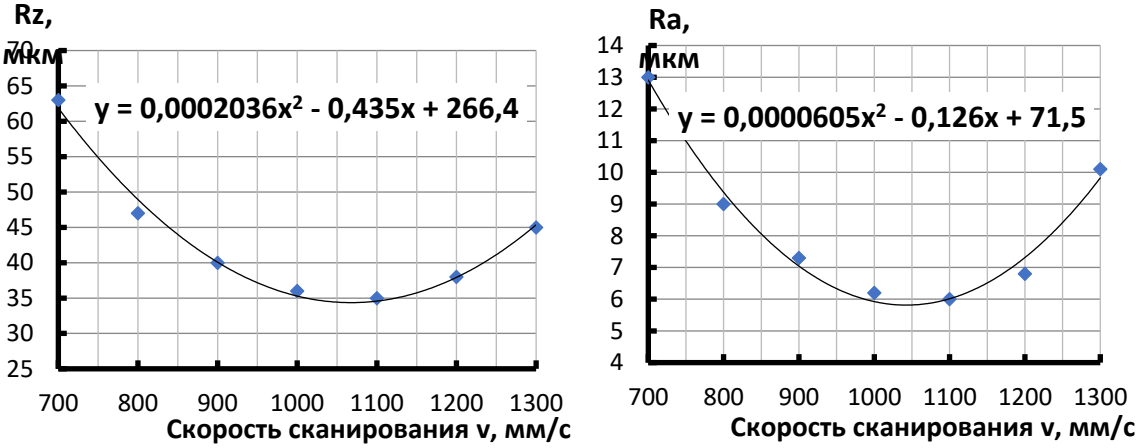
Разрушение SLM-образцов стали 12Х18Н10Т в случае приложения циклических нагрузок инициируется с лицевой поверхности, поэтому именно степень ее шероховатости значительно влияет на уровень характеристик усталости.

При шероховатости *Rz* более 15 мкм наблюдается многочаговый характер разрушения образцов. В очагах разрушения образца наблюдаются усталостные трещины по линиям шероховатостей, разрушение развивается от этих трещин и наиболее грубых неровностей поверхности образца. Ухудшение чистоты поверхности ($Rz \geq 15$ мкм) существенно снижает усталостные характеристики SLM-образцов стали 12Х18Н10Т. Поэтому требуется разработка мер по повышению чистоты поверхности получаемых образцов и деталей из стали 12Х18Н10Т методом селективного лазерного плавления.

Для решения данной задачи существуют два пути. Первый путь связан с рационализацией режимов самой лазерной обработки, и, в первую очередь, правильный выбор скорости сканирования лазерного луча в процессе выра-

щивания детали. Вторым направлением снижения шероховатости поверхности деталей является применение финишных операций обработки их поверхности после выращивания.

Изучали влияние скорости сканирования и мощности излучения лазера на высотные параметры профиля шероховатости *Ra* и *Rz*. В ходе экспериментов скорость сканирования изменялась в диапазоне = 800…1 300 мм/с, стратегия сканирования – «шахматная». Как видно из рисунка 2 кривые шероховатости поверхности *Ra* и *Rz* образцов имеют одинаковый характер.



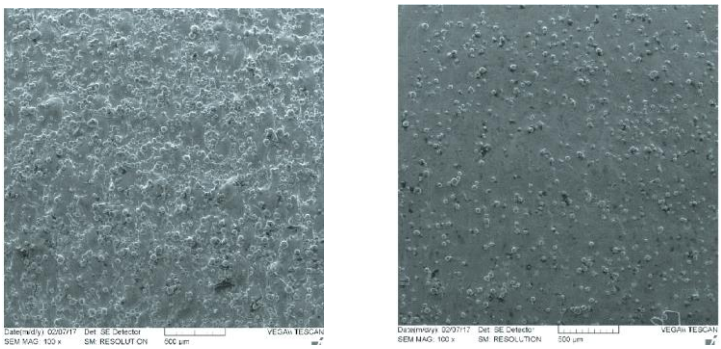
а *б*

Рис. 2. Зависимости параметров шероховатости Rz (а) и Ra (б) поверхности образцов стали 12Х18Н10Т от скорости сканирования v

Минимальные значения параметра шероховатости *Ra* поверхности образцов, полученные при *v* = 1100 мм/с, составили соответственно 5,8 мкм. Для указанного значения скорости сканирования значение Rz составило 35 мкм. Следует отметить, что шероховатость поверхности образцов достигает минимальных значений в диапазоне скоростей сканирования луча 950–1050 мм/с, который и следует признать оптимальным.

На рисунке 3 показана фотография поверхности двух полученных образцов при увеличении х100. При сравнении поверхностей образцов с параметрами шероховатости *Ra* = 10 мкм и *Ra* = 6 мкм видно, что частицы порошка на поверхности присутствуют в обоих случаях, но при *Ra* = 6 мкм их значительно меньше.

Для более существенного снижения шероховатости поверхности образцов из стали 12Х18Н10Т, синтезированных селективным лазерным плавлением, требуется применение финишной обработки поверхности. особенно это касается ответственных деталей конструкций. Анализ приведенных данных показывает, что весьма перспективным является применение по отношению к образцам стали 12Х18Н10Т, полученным селективным лазерным плавлением, электрохимической обработки.



а *б*

Рис. 3. Фотография поверхности образцов с разными значениями параметра шероховатости:

А) Ra = 10 мкм; б) Ra = 6 мкм

В данной работе изучено изменение шероховатости поверхности и массы образцов из стали 12Х18Н10Т, полученных методом SLM, в зависимости от плотности тока и продолжительности электрохимической обработки.

В начальный период обработки длительностью до 3 минут при значительной высоте участков поверхности обрабатываемого образца с включениями макроразмерных частиц сказывается влияние повышенной концентрации силовых линий электрического тока на вершинах выступов, что сопровождается уменьшением их высоты (рисунок 4). Дальнейшее повышение длительности обработки в диапазоне от 3 до 7 минут приводит к дальнейшему сглаживанию рельефа поверхности, однако это сопровождается убылью массы металла на участках поверхности, непосредственно прилегающим к макрочастицам. Наблюдается увеличение радиусов закругления вершин выступов по мере их травления и переходу к волнообразному микрорельефу. После перехода к волнообразному микрорельефу скорость выравнивания поверхности существенно замедляется.

В случае электрохимической обработки при плотности тока 90 А/дм^2 удается достичь шероховатости поверхности образцов до 1,8–2,5 мкм и начиная с 6 минуты обработки стабилизируется. Это можно объяснить снижением концентрации силовых линий тока на участках с макрорельефом и повышенной шероховатостью, а также более равномерным распределением их по рельефу поверхности образца.

При снижении плотности тока электрохимической обработки наблюдается аналогичный характер изменения шероховатости, однако при этом оно более плавное, что определяется более низкой скоростью развития процесса.

Увеличение продолжительности процесса электрохимической обработки способствует значительному сглаживанию поверхности образцов, однако при этом существенно убыль металла образца.

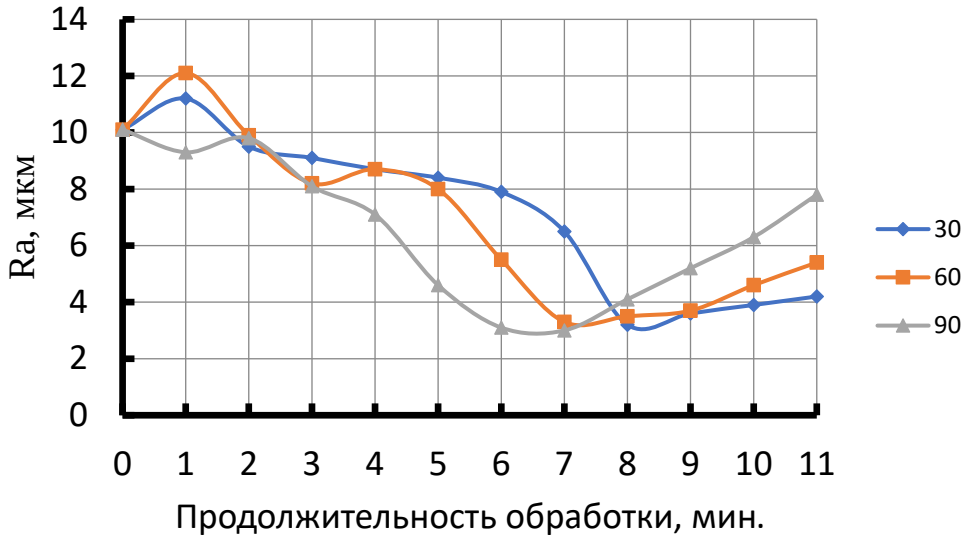


Рис. 4. Изменение шероховатости образца стали 12Х18Н10Т, полученного методом SLM, в зависимости от плотности тока и продолжительности электрохимической обработки

На рисунке 5 приведена динамика процесса электрохимической обработки поверхности образцов из стали 12Х18Н10Т, полученных методом селективного лазерного плавления. На фотографиях представлены микрошлифы поверхности обрабатываемого материала через определенное время обработки.

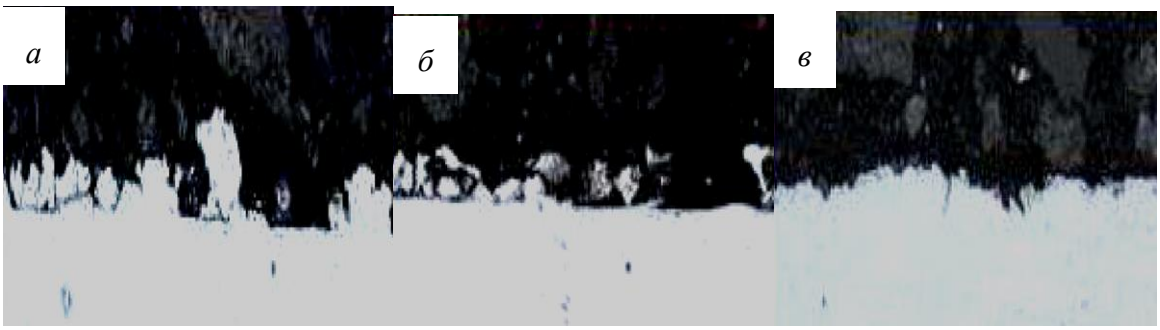


Рис. 5. Влияние длительности обработки на сглаживание поверхности SLM-образцов: а) без обработки; б) $t_{обр.}$= 6 мин; в) $t_{обр.}$= 11 мин

Увеличение продолжительности электрохимической обработки свыше 11 минут приводит к появлению точечных растравливаний поверхности образца и образованию питтингов.

На рисунке 6 представлена зависимость параметров шероховатости поверхности образцов стали 12Х18Н10Т, полученных селективным лазерным плавлением, от длительности обработки DryLyte. Из представленной зависимости видно, что обработка DryLyte позволяет практически обеспечить зеркальную поверхность детали, только это требует существенной длительности обработки.

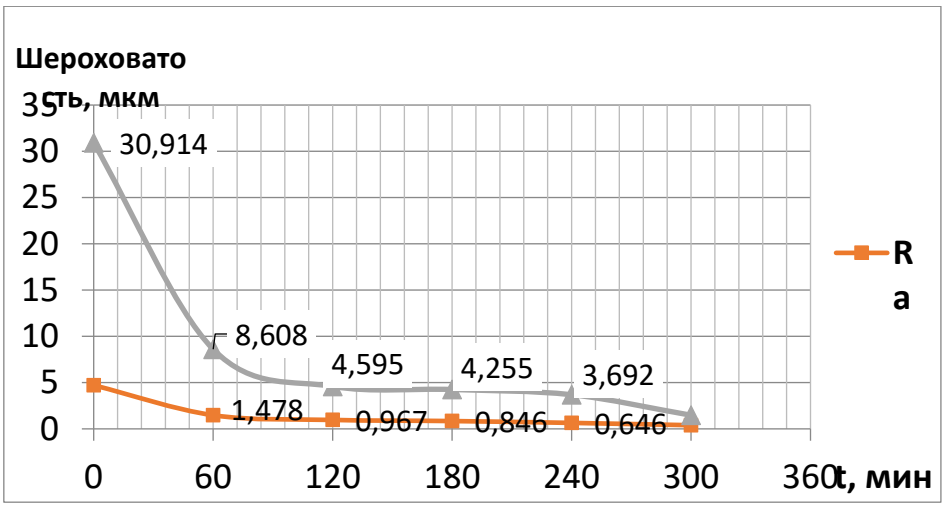


Рис. 6. Влияние длительности сухой электрохимической обработки на величину шероховатости поверхности SLM-образца

На рисунке 7 показано влияние электрохимического полирования и обработки DryLyte на шероховатость поверхности образцов стали 12Х18Н10Т.

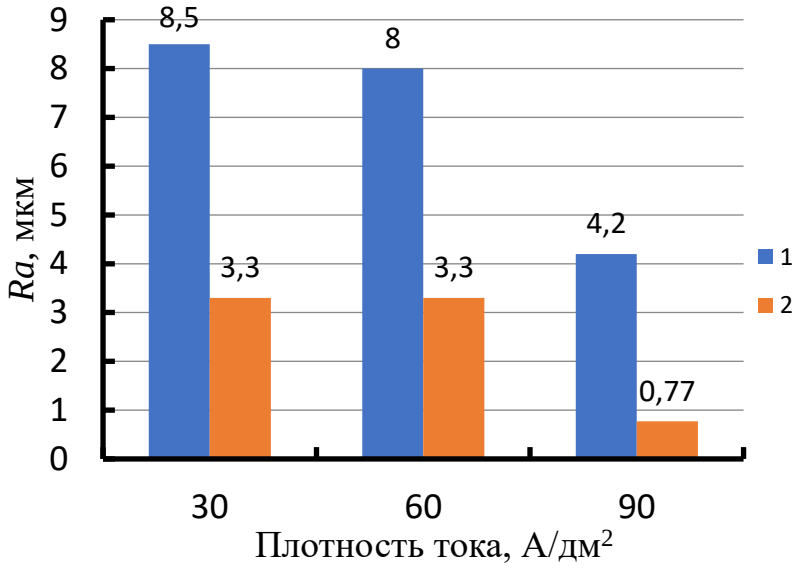


Рис. 7. Влияние электрохимического полирования (1) и обработки DryLyte (2) на шероховатость поверхности SLM-образцов стали 12Х18Н10Т: 1 – электролитическое полирование (5 мин); 2 – сухое электрохимическое полирование (60 мин)

Из приведенного рисунка видно, что при электрохимической полировке в течение 5 минут в зависимости от плотности тока удается снизить значение *Ra* до 4,2 мкм. Обработка DryLyte позволяет добиться шероховатости поверхности *Ra* при плотности тока 90 А/дм^2 на уровне 0,77 мкм. Однако в этом случае время обработки занимает 60 минут. Поэтому обработку DryLyte можно рекомендовать для ответственных деталей, которые предварительно подвергались электрохимической полировке.

Дополнительные ресурсы по снижению шероховатости поверхности изделий, выращенных из порошков в процессе селективного лазерного плавления, заключается в варьировании мощности излучения и порядка подачи порошка.

Анализ микроструктуры образцов, полученных селективным лазерным плавлением из порошка стали 12Х18Н10Т, отличается весьма высокой неоднородностью. В нижней части формируется направленная столбчатая, а в верхней – разориентированная дендритная или полиэдрическая.

Тип и дисперсность структуры зависит от химического состава материала, а также от соотношения градиента температуры у межфазной поверхности (G) и скорости роста твердой фазы (R). Эти параметры в свою очередь зависят от режимов лазерной обработки, что открывает возможности управления структурой с целью достижения высоких механических и служебных свойств.

В данной работе для получения равномерной мелкозернистой микроструктуры в объеме выращенного образца и снижения шероховатости его поверхности был опробован повторный переплав наплавленного слоя без подачи порошка.

На рисунке 8 показаны микроструктуры типичных образцов образов из порошка стали 12Х18Н10Т без переплавления (а, в) и с переплавлением (б, г), полученные в верхней части стенки (а, б) и в средней (в, г). Микроструктура образцов без переплавления характеризуется сильным разбросом по размерам и форме зёрен как в верхней, так и в центральной части стенки, а в образцах с переплавлением она однородная и мелкозернистая ячеистого типа по всей площади стенки.

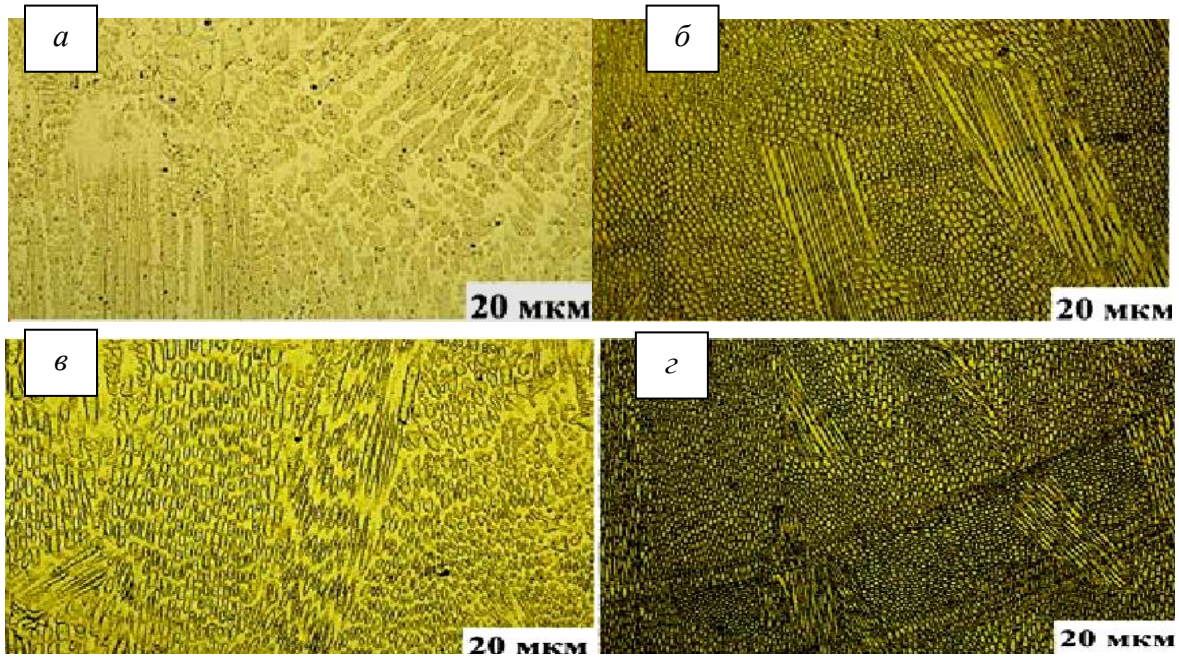


Рис. 8. Микроструктура верхней части стенки образца без переплавления (а); верхней части стенки с переплавлением (б); средней части стенки без переплавления (в); средней части стенки с переплавлением (г)

Измерения в поперечном сечении показали увеличение микротвёрдости переплавленных образов на уровень до 12–13% относительно образцов без переплавления. Это можно объяснить, с одной стороны, измельчением микроструктуры, с другой – снижением пористости материала образца после переплавления.

Для контроля конечных механических свойств выращенных стенок были проведены испытания на растяжение. Полученные результаты приведена в таблице.

Таблица

Механические свойства образцов из стали 12Х18Н10Т, выращенных с различными режимами переплавления

Вариант выращивания образца	Мощность луча при переплавлении, Вт	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа	Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение δ, %
Без переплавления	500	665	288	53
С переплавлением	230	780	370	61
	350	795	392	74
	500	675	295	44

Переплавление реинициирует образование ванны расплава уже выращенной геометрии, что позволило добиться улучшений и в геометрической точности полученных тонких стенок. Процесс переплавления в данном случае действует как технология лазерной полировки, где за счёт поверхностного натяжения расплава уменьшается конечная шероховатость. Кроме того, устраняются нерасплавленные частицы порошка и снижается неровность боковой поверхности.

Переплавление реинициирует образование ванны расплава уже выращенной геометрии, что позволило добиться улучшений и в геометрической точности полученных тонких стенок. Процесс переплавления в данном случае действует как технология лазерной полировки, где за счёт поверхностного натяжения расплава уменьшается конечная шероховатость. Кроме того, устраняются нерасплавленные частицы порошка и снижается неровность боковой поверхности.

Результаты экспериментов показали, что применение переплавления позволяет снизить шероховатость *Rz* поверхности образцов из стали 12Х18Н10Т с 32–35 мкм до 7–10 мкм.

По итогам выполненных работ были разработаны технологические рекомендации по проведению процесса выращивания тонкостенных элементов конструкций методом селективного лазерного плавления с дополнительным переплавлением.

Список литературы

1. Mower T.M., Long M.J. Mechanical behavior of additive manufactured, powder-bed laser-fused materials. Mater Sci Eng. 2016. 651. 198–213.

2. Spierings A.B., Starr T.L., Wegener K. Fatigue performance of additive manufactured metallic parts. Rapid Prototyp J. 2013.

3. Leuders S., Lieneke T., Lammers S., Tröster T., Niendorf T. On the fatigue properties of metals manufactured by selective laser melting – The role of ductility. J Mater Res. 2014.

4. Anisotropic response of Ti-6Al-4V alloy fabricated by 3D printing selective laser melting / L. Y. Chen et al. // Materials Science and Engineering. 2017. V. 682. P. 389–395.

5. Anisotropy of additively manufactured Ti-6-4 lattice structure / Y. N. Loginov et al. // AIP Conference Proceedings. AIP Publishing LLC. 2019. V. 2176. N 1. P. 020002-1 – 020002-4.

6. A study of the microstructural evolution during selective laser melting of Ti6Al-4V / L. Thijs et al. // Acta materialia. 2010. V. 58. N 9. P. 3303–3312.

7. Fatigue characterization of Titanium Ti-6Al-4V samples produced by Additive Manufacturing / A. Chastand et al. // Procedia Structural Integrity. 2016. V. 2. P. 3168–3176.

8. Zhai Y., Galarraga H., Lados D.A. Microstructure evolution, tensile properties, and fatigue damage mechanisms in Ti-6Al-4V alloys fabricated by two additive manufacturing techniques // Procedia Engineering. 2015. V. 114. P. 658–666.

9. Characterization of texture and grain boundary character distributions of selective laser melted Inconel 625 alloy / X. Y. Fang et al. // Materials Characterization. 2018. V. 143. P. 182–190.

10. Microstructure anisotropy and its implication in mechanical properties of biomedical titanium alloy processed by electron beam melting / M. Wang et al. // Materials Science and Engineering: A. 2019. V. 743. P. 123–137.

Пинахин И.А.
к.т.н., доцент
Северо-Кавказский федеральный университет
Россия, Ставрополь
ipinakhin@list.ru
Гончаров В.М.
к.т.н., доцент
Северо-Кавказский федеральный университет
Россия, Ставрополь
gonsharov-valeri@rambler.ru
Ягмуров М.А.
старший преподаватель
Северо-Кавказский федеральный университет
Россия, Ставрополь
myagmurov@gmail.com

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ ФОСФОГИПСА

Аннотация. В статье рассмотрены экологические и экономические проблемы, связанные с утилизацией и хранением фосфогипса, который образуется в виде отходов на предприятиях по производству фосфорно-минеральных удобрений и ортофосфорной кислоты, и содержит ряд токсичных и экологически опасных веществ. В работе приведены, применяемые на данный момент в России и других странах, различные способы и технологии

переработки фосфогипса с указанием их области применения, преимуществ и недостатков. Также в статье приведена предлагаемая технология переработки производственных отходов, содержащих активированный фосфогипс и серосодержащие материалы, в изоляционные и строительные материалы, пенопласт и газобетон. Приведены технико-экономические преимущества утилизации отвального фосфогипса для изготовления стройматериалов для различного целевого направления в экологически чистом и безопасном исполнении.

Ключевые слова: фосфогипс, проблемы технологии и переработки, рециклинг, модифицированные добавки, технологические свойства, энергоэффективность, компоненты состава пено- и газобетона на основе фосфогипса.

Pinakhin I.A.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
North-Caucasus Federal University
Russia, Stavropol
ipinakhin@list.ru
Goncharov V.M.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
North-Caucasus Federal University
Russia, Stavropol
gonsharov-valeri@rambler.ru
Yagmurov M.A.
Senior Lecturer
North Caucasus Federal University
Russia, Stavropol
myagmurov@gmail.com

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF NEW CONSTRUCTION MATERIALS DUE TO RECYCLING AND PROCESSING PHOSPHOGYPSUM

Abstract. The article examines the environmental and economic problems associated with the disposal and storage of phosphogypsum, which is generated as waste at enterprises producing phosphorus mineral fertilizers and orthophosphoric acid, and contains a number of toxic and environmentally hazardous substances. The work presents various methods and technologies for processing phosphogypsum currently used in Russia and other countries, indicating their scope of application, advantages and disadvantages. The article also presents a proposed technology for processing industrial waste containing activated phosphogypsum and sulfur-containing materials into insulating and building materials, foam plastic and aerated concrete. The technical and economic advantages of recycling waste phosphogypsum for the production of building materials for various purposes in an environmentally friendly and safe manner are presented.

Keywords: phosphogypsum, problems of technology and processing, recycling, modified additives, technological properties, energy efficiency, components of the composition of foam and aerated concrete based on phosphogypsum.

Вопросы экологии, ресурсосбережения и энергосбережения в настоящее время выходят на первый план. Необходимо более полное и комплексное использование отходов промышленности. Значительную часть отходов

составляют залежи фосфогипса, который при длительном хранении в отвалах наносит значительный вред окружающей среде: загрязняют воздух, воду и грунт. Основная масса, образующегося фосфогипса, в настоящее время сбрасывается в отвалы. Транспортирование фосфогипса в отвалы, его хранение связаны с большими капитальными и эксплуатационными расходами, достигающими 40% стоимости сооружения и эксплуатации основного производства. В настоящее время на отвалах стран СНГ и за рубежом находятся сотни миллионов тонн и его количество в мире продолжает ежегодно увеличиваться примерно на 80 – 100 миллионов тонн. По данным ООН в мире используется лишь 3 – 4 % фосфогипса от общего количества на производство от него коммерческих продуктов. В России в отвалы отправляется до 14 миллионов тонн в год. Отдельные российские предприятия производят фосфогипс более 4 миллионов тонн в год. На Российских отвалах в данный момент накопилось более 300 миллионов тонн [1 – 3].

Негативное влияние отвалов фосфогипса на окружающую среду проявляется в загрязнении атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почвенно-растительного покрова вредными веществами в результате пыления и размывания их атмосферными водами. Так при сухом складировании (без предварительной нейтрализации) в газовую фазу выделяется в среднем 0,1 % фтора в перерасчете на сухое вещество, содержавшегося в фосфогипсе. В пыли, поднимающейся над отвалами, содержится в среднем до 10 грамм фтора на 1,0 тонну фосфогипса (радиус распространения пыли до 1,5 км.). Примерно 10 % фтора вымывается осадками [4].

Одним из основных направлений утилизации фосфогипса, используемых в настоящее время, является получение на его основе гипсовых вяжущих применяющихся для строительных материалов, а также цементной промышленности, сельском хозяйстве, в автодорожном строительстве и химической промышленности [5].

Во многих западных странах фосфогипс размещается в подземных шахтах (предприятия оплачивают от 15 до 30 евро за тонну в год). ОАО «Минерально-химическая компания «ЕвроХим» инвестирует 32 млн. долларов в природоохранную деятельность завода «Фосфорит».

В данное время разработаны и применяются различные способы и технологии переработки фосфогипса:

- в цементной промышленности (в качестве минерализатора при обжиге и добавке к цементному клинкеру);

- для химической мелиорации солонцовых почв;

- для получения сульфата амония, цемента и серной кислоты, элементарной серы, извести;

- гипсовых вяжущих и изделий из них [6, 7].

В зарубежных странах и в России на данный момент технология утилизации фосфогипса, при современных производственно-экономических условиях не рентабельна, он фактически весь направляется на хранение в специальные полигоны размещения.

В России по 5-ти уровневой классификации опасности отходов фосфогипс имеет 4-й класс опасности. Размещение 1 тонны отхода 4-го класса опасности составляет 635,9 рубля (Постановление Правительства РФ № 913 от 13.09.2016г. (ред. от 24.01.2020 г.).

Ускоренное развитие строительного комплекса, по направлению реализации Федеральной целевой программы (ФЦП) «Жилище» на 2016-2023 годы, включающей подпрограмму «Модернизация объектов коммунальной инфраструктуры», Национальный проект «Обеспечение жильем молодых семей и отдельных категорий граждан», требует наращивания производства эффективных теплоизоляционных и строительных материалов в России.

В настоящее время в России проектирование, строительство, реконструкция, а также капитальный ремонт зданий производится по новым, более повышенным требованиям к теплозащите ограждающих конструкций, определяемыми СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Снижение тепловых потерь в ЖКХ и промышленности регламентируется новыми, более жесткими требованиями СП 61.13330.2012. Свод правил. «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».

Основной причиной, сдерживающей применение фосфогипса, являются в его составе примеси в частности, водорастворимые соединения фосфора.

Основными недостатками известных способов и технологии утилизации фосфогипса являются:

- отсутствие экономически выгодных и экологически чистых технологических процессов переработки отвальных отходов;
- технологические линии составлены из громоздких, металлоемких и энергоемких машин;
- образование вторичных отходов, требующих их утилизации и создающих новые экологические проблемы;
- необходимость применения кислот с высокой концентрацией (40-50%) [8, 9].

Поэтому в данный момент переработка фосфогипса остается одной из самых важных проблем. Высокое потребление энергетических ресурсов на отопление зданий различного назначения также является значительной проблемой. Энергопотребление зданий составляет около 43% от всей вырабатываемой тепловой энергии, из которой 90% идет на отопление. Затраты на отопление в России в 2 – 2,5 раза выше чем в западноевропейских странах. Значительное количество вырабатываемой тепловой энергии, поставляемой ежегодно на обогрев зданий различного назначения, уходит на теплопотери, это наносит как значительные экономические потери, так и огромный экологический ущерб.

Фосфогипс состоит из примесей неорганических и органических соединений, водно-растворимых и водно-нерастворимых, адсорбированных на поверхности кристаллов и встроенных в кристаллическую решетку.

Также, в фосфогипсе могут содержаться радиоактивные вещества и редкоземельные элементы (РЗЭ) [10].

Переработка фосфогипса связанная с разработкой новых теплоизоляционных материалов и эффективных энергосберегающих технологий на основе реакционно-способных олигомеров является одним из перспективных направлений. Применение теплоизоляционных материалов имеет ряд существенных преимуществ:

- низкий коэффициент теплопроводности обеспечивает многократное снижение теплопотерь в 10 – 20 раз по сравнению с минеральноватной изоляцией (теплопровод, проложенный в канале изолированный минеральной ватой, теряет в первый год до 20% тепла, а последующее годы до 70%);
- низкое влаговодопоглощение при эксплуатации, которое не превышает 2 – 5%;
- сохранение тепловой энергии в широком диапазоне температур 100 – 150°С;
- высокая долговечность (до 50 лет) при неизменных теплоизоляционных характеристиках, не подвергается разложению и гниению;
- высокая адгезионная прочность;
- высокое звукопоглащение.

Возрастающие темпы строительства требуют значительных затрат материальных ресурсов. В настоящее время актуальными являются вопросы экологии, ресурсосбережения и энергосбережения. В производстве строительных материалов они особенно являются актуальными. Все более возрастающая потребность в различных вяжущих и заполнителях для бетонов и растворов, многократно обостряет значимость этих вопросов, которые требуют новых подходов в их разрешении. Использование резервов минерального сырья, к которым относятся различные отходы промышленности, требует более полное и комплексное решение этих задач.

Результаты экспериментальных исследований

Задачей, предлагаемого способа утилизации, является повышение эффективности переработки фосфогипса – комплексная переработка фосфогипса на целевые экологически чистые продукты (теплоизоляционные материалы, пеноблоки, полимерпенобетоны, пенофосфобетоны и др.) с повышенными не только физико-механическими, но и экологическими и потребительскими свойствами (теплопроводность, негорючесть, пожароопасность, стойкость к действию влаги и агрессивных сред и др.) [10, 11].

Сущность предлагаемых способов утилизации заключается в том, что заложен принцип «токсичное утилизируется с токсичным». Предлагается использовать экологически опасный фосфогипс в качестве бесплатного наполнителя в полимерных композициях стройматериалов с получением экологически чистых целевых продуктов. Содержание фосфогипса в различных стройматериалах может изменятся в широком диапазоне (от 5 до 40 массовых частей) в зависимости от назначения целевого продукта.

Отличительными признаками данных способов утилизации является отсутствие предварительной обработки фосфогипса (обезвоживание, упаривание, вакуумирование, различные способы химической и термической обработки, дробление, измельчение, перемешивание, сушка и т.д.).

Технико-экономические преимущества утилизации отвального фосфогипса для изготовления стройматериалов для различного целевого направления в экологически чистом и безопасном исполнении заключается в следующем:

- безотходная технология переработки;
- снижение затрат на охрану окружающей среды;
- использование фосфогипса в качестве бесплатного наполнителя;
- снижение цены целевого продукта;
- минимальные материальные, технические и финансовые затраты.

Так, цена теплоизоляционного материала типа «Теплор» с удельным весом 30 – 50 кг/м^3 составляет 6 – 7 тыс. рублей, то себестоимость его снизится пропорционально содержанию фосфогипса с одновременным повышением потребительских свойств (прочность, экологичность, удельная теплопроводность, горючесть, пожароопасность, стойкость к воздействию воды и агрессивных сред и т. д.).

В лабораториях научно-исследовательского центра «Надежности и прочности материалов» (НИЦ НПМ) Северо-Кавказского федерального университета разработаны рецептуры компонентов и получены опытные образцы теплоизоляционных и строительных материалов (газобетон и пенопласт).

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП Северо-Кавказского федерального университета при финансовой поддержке Минобрнауки России, уникальный идентификатор проекта RF-296.61321X0029 (соглашение № 075-15-2021-687).

1. Рассмотрены проблемы и методы по утилизации отвального фосфогипса с последующей переработкой его в теплоизоляционные и строительные материалы.

2. Разработаны технологии по получению газобетона и пенопласта с наполнителем в виде фосфогипса.

Список литературы

1. Kapustin F. Composition, properties and using fields ofproduct of phosphogypsum recycling / F. Kapustin, N. Mityushov, S. Bednyagin // IV Congress "Fundamental Research and Applied Developing of Recycling and Utilization Processes of Technogenic Formations". Сер. "KnE Materials Sciences". 2020. 6(1). – 150 – 155.

2. Pérez-López R. Changes in mobility of toxic elements during the production of phosphoric acid in the fertilizer industry of Huelva (SW Spain) and environmental impact of phosphogypsum wastes / R. Pérez-López, A.M. Álvarez-Valero, J.M. Nieto // Journal of Hazardous Materials. 2007. № 148. – С. 745–750.

3. Pérez-López R. Pollutant flows from a phosphogypsum disposal area to an estuarine environment: An insight from geochemical signatures / R. Pérez-López, F. Macías, C. Ruiz Cánovas [et al.] // Science of the Total Environment. 2016. 553. 42 – 51.

4. Кержнер А. М. Состояние и проблемы правового регулирования в области обращения с отходами производства и потребления / А. М. Кержнер // Аналитический вестник Совета Федерации ФС РФ 2008. № 8 (353).

5. Гордашевский П.Ф. Производство гипсовых вяжущих материалов из гипсосодержащих отходов / П.Ф. Гордашевский, Л. В. Долгарев. – Москва: Стройиздат, 1987. – 105 с.

6. Essabir H. Phosphogypsum waste used as reinforcing fillers in polypropylene based composites: structural, mechanical and thermal properties / H. Essabir, S. Nekhlaoui, M. O. Bensalah [et al.] // Journal of Polymers and the Environment. 2017. Т. 25. № 3. – С. 658 – 666.

7. Efremova S. Y. Efficiency of the use of neutralized phosphogypsum, phosphorite processing waste, in agriculture / S. Y. Efremova, T. A. Sharkov, M. I. Yakhkind [et al.] // Environmental Quality Management. 2020. Т. 30. № 2. – С. 5 – 11.

8. Chen S. Laboratory Evaluation for Utilization of Phosphogypsum through Carbide Slag Highly-Effective Activating Anhydrous Phosphogypsum / S. Chen, G. Xiong, Y. Su [et al.] // Journal of Wuhan University of Technology, Materials Science Edition. 2021. 36(3) . – 392–399.

9. Kukina O. B. Analysis of structure-forming role of phosphogypsum in the production of nonfired cementless building composites / O. B. Kukina, A. V. Eremin, D. I. Shuvaev // MATEC Web of Conferences. International Scientific Practical Conference «Materials science, shape-generating technologies and equipment 2020».(ICMSSTE 2020). 2020. – 07001.

10. Cao Y. Bibliometric analysis of phosphogypsum research from 1990 to 2020 based on literatures and patents / Y. Cao, Y. Cui, X. Yu [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. 2021.

11. Tovazhnyansky L. L. Energy efficiency of complex technologies of phosphogypsum conversion / L. L. Tovazhnyansky, P. O. Kapustenko, S. I. Bukhkalo [et al.] // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2013. Т. 47. № 3. – С. 225 – 230.

Лоозе В.В.
старший научный сотрудник
ФГБУ НИИПХ Росрезерва
Россия, Москва
vaalfa@yandex.ru
Заграничек К.Л.
заместитель директора научного центра по материаловедению
ФГБУ НИИПХ Росрезерва
Россия, Москва
zagranichek-jr@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РЕЛЬСОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ И ОБЪЁМНОЙ ЗАКАЛКИ, ЗАКЛАДЫВАЕМЫХ НА ДЛИТЕЛЬНОЕ ХРАНЕНИЕ

Аннотация. В данной статье представлен сравнительный металлографический анализ параметров микроструктуры рельсов объёмного термоупрочнения (ОТ(Т1)), изготовленных в соответствии с ГОСТ Р 51685-2000 (2013) (2022) и рельсов дифференцированного термоупрачнения (ДТ), изготовленных по ГОСТ Р 51685-2013(2022). Засвидетельствовано, что рельсы ОТ характеризуются более мелкодисперсной структурой основного металла головки с отдельными участками феррита, при этом в рельсах дифференцированно

термоупрочненных ферритная фаза в основном металле отсутствует, что связано с особенностями термической обработки. В части параметров микроструктуры металла приповерхностной области рельсов категории Т1, изготовленных по ГОСТ Р 51685-2000 отмечено наличие структуры бейнита, образование которого связано с чистотой закалочной среды, а также временем выдержки в нагревательной печи. Отличие микроструктуры указанной области для рельсов Т1, изготовленных по ГОСТ Р 51685-2000 от рельсов ОТ и ДТ общего назначения по ГОСТ Р 51685-2013(2022) связано с наличием в последнем конкретных требований к фазовому составу и размерным характеристикам микроструктуры приповерхностной области при отсутствии таковых требований в ГОСТ Р 51685-2000. По результатам анализа, установлено, что срок хранения рельсов вне зависимости от их категории рекомендуется принимать не более 25 лет при выполнении требований по хранению рельсов согласно ГОСТ Р 51685-2022 и СТО РЖД 1.08.001-2008.

Ключевые слова: термическое упрочнение, металлография, микроструктура, обезуглероженный слой, рельсы железнодорожные, прокатный и отдельный нагрев.

Looze V.V.
Senior Researcher
FSBI NIIPH Rosrezerva
Russia, Moscow
vaalfa@yandex.ru
Zagranichek K.L.
Deputy Director of the Materials Science Center
FSBI NIIPH Rosrezerva
Russia, Moscow
zagranichek-jr@mail.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF QUALITY INDICATORS OF RAILROAD RAILS OF DIFFERENTIATED AND VOLUMETRIC HARDENING STORED FOR LONG-TERM STORAGE

Abstract. This article presents a comparative metallographic analysis of the microstructure parameters of volumetric heat-strengthened rails (OT(T1)), manufactured in accordance with GOST R 51685-2000 (2013) (2022) and differentiated thermally strengthened (DT) rails, manufactured in accordance with GOST R 51685-2013 (2022). It has been documented that OT rails are characterized by a more finely dispersed structure of the base metal of the head with individual sections of ferrite, while in differentially heat-strengthened rails there is no ferrite phase in the base metal, which is due to the peculiarities of heat treatment. Regarding the parameters of the microstructure of the metal of the near-surface region of rails of category T1, manufactured according to GOST R 51685-2000, the presence of a bainite structure was noted, the formation of which is associated with the purity of the quenching medium, as well as the holding time in the heating furnace. The difference in the microstructure of this area for T1 rails manufactured in accordance with GOST R 51685-2000 from general purpose OT and DT rails in accordance with GOST R 51685-2013 (2022) is associated with the presence in the latter of specific requirements for the phase composition and dimensional characteristics of the microstructure of the near-surface region, in the absence of such requirements in GOST R 51685-2000. Based on the results of the analysis, it was established that the shelf life of rails, regardless of their category, is recommended to be no more than 25 years if the requirements for storing rails are met in accordance with GOST R 51685-2022 and STO Russian Railways 1.08.001-2008.

Keywords: thermal hardening, metallography, microstructure, decarbonized layer, railway rails, rolling and separate heating.

В рамках настоящей работы, на основании проведённого анализа и лабораторных исследований, разработаны рекомендации в части сроков хранения рельсов типа Р65, в рамках которых прокатная продукция будет отвечать требованиям нормативно-технической документации, действовавшим на момент её изготовления.

В экономике России железнодорожный транспорт является одним из основных способов грузоперевозок. Значимость железных дорог особенно актуальна при осуществлении транспортировки грузов на большие расстояния, в общем грузообороте доля железнодорожных перевозок превышает 85 %. Темпы роста железнодорожного строительства и ремонта постоянно увеличиваются. Обеспечение резервного запаса не прекращается с 1975 года по настоящее время. При этом совершенствуется технология изготовления рельсов, в связи с чем возникает необходимость проведения исследования изменения показателей качества рельсов железнодорожных в зависимости от способа производства и уточнения допустимых сроков длительного хранения.

Исследование инновационных рельсовых технологий проводилось ранее в работах учёных [1,2], рассматривались перспективы развития в условиях концепции импортозамещения. Тенденции развития рельсового производства в России освещались в значительной степени [2]. Теоретические основы формирования специальных сталей [4], их легирования [5,7], прокаливаемости [6,9-12] были изучены в середине двадцатого века и до сих пор не потеряли свою актуальность. Однако аспекты взаимосвязи мало экологичного, уже устаревшего способа объёмного термоупрочнения и современного дифференцированного способа повышения прочности рельсов практически не рассматривались, в том числе применительно к определению сроков длительного хранения рельсов.

Материал и методы исследования

Объектом общего анализа особенностей процесса термического упрочнения являются рельсы, изготовленные с использованием объёмного термоупрочнения с отдельного нагрева и рельсы, изготовленные с использованием дифференцированного термоупрочнения с прокатного нагрева в соответствии с ГОСТ Р 51685-2000 и ГОСТ Р 51685-2013 (2022).

Для проведения исследований микроструктуры образцов из рельсов Р65 с различным типом термической обработки и датой производства в условиях АО «ВНИИЖТ» были изготовлены металлографические шлифы в заливке из четырех полнопрофильных темплетов, отобранных от следующих рельсов: рельса категории Т1 (год производства – 2002, производитель АО «ЕВРАЗ НТМК»), рельса категории ОТ350 (год производства – 2023, производитель АО «ЕВРАЗ НТМК»), рельса категории ДТ350 (год производства – 2018, производитель АО «ЕВРАЗ ЗСМК»), рельса категории ДТ350

(год производства – 2016, производитель ПАО «ЧМК»). Темплеты от рельсов категории ОТ350(Т1) изготовлены в условиях Заказчика настоящей работы, от рельсов категории ДТ350 – в условиях АО «ВНИИЖТ».

Исследования проводили на оптическом микроскопе Axio Observer фирмы Carl Zeiss с системой автоматического анализа изображения Thixomet. Металлографические исследования проводились на поперечных микрошлифах после их травления в 4 %-ом растворе азотной кислоты в этиловом спирте. Исследования проводились на предмет определения типа микроструктуры с оценкой ее размерных параметров, оценки наличия дефектов структуры металла исследуемого рельса и величины обезуглероженного слоя. ***Цель работы*** – на основании проведённого анализа и лабораторных исследований разработать рекомендации в части сроков хранения рельсов типа Р65 (в годах) с учетом сохранения качественных характеристик.

Анализ особенностей процесса термического упрочнения рельсов

По применяемой технологии термоупрочнения рельсы, производимые в России, можно условно разделить на следующие группы:

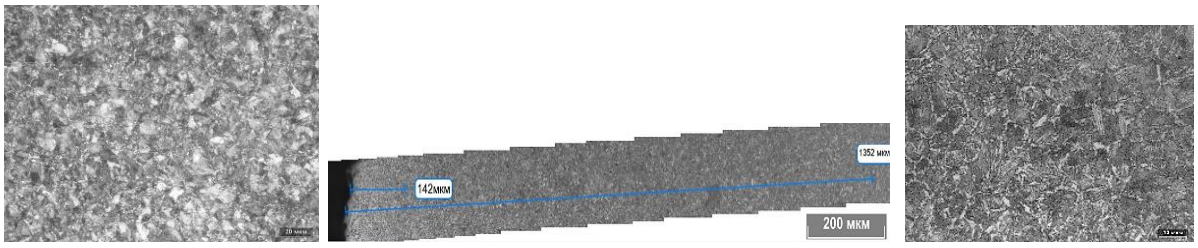
1. Рельсы с дифференцированным термическим упрочнением с прокатного нагрева длиной до 100 м (АО «ЕВРАЗ ЗСМК», ПАО «ЧМК);

2. Рельсы с объемной закалкой в масле с отдельного (повторного) печного нагрева длиной 25 м (АО «ЕВРАЗ НТМК»).

При дифференцированной термообработке рельсов в качестве закалочной среды используют: сжатый воздух ((АО «ЕВРАЗ ЗСМК»), раствор полимера («МЕЧЕЛ»).

Лабораторные исследования образцов

Результаты металлографических исследований на металлографическом шлифе, изготовленном из головки рельса категории Т1, производства АО «ЕВРАЗ НТМК» (2002 г.) представлены на рисунке 1(а, б, в).



а *б* *в*

Рис. 1. А) микроструктура основного металла головки рельса категории Т1, производства АО «ЕВРАЗ НТМК» (2002 г.) (×500); б) панорама приповерхностного слоя на микрошлифе из головки рельсовой пробы категории Т1 (2002 г.) (×500); в) участки бейнита в микроструктуре головки рельсовой пробы категории Т1 (2002 г.) (×1000)

Следует отметить, что хранение более 20 лет рельсов в воздушной атмосфере вызвало незначительные коррозионные повреждения его поверхности – глубина слоя металла, поврежденного коррозией, определённая на металлографическом шлифе, составила менее 3 мкм, рисунок 2.

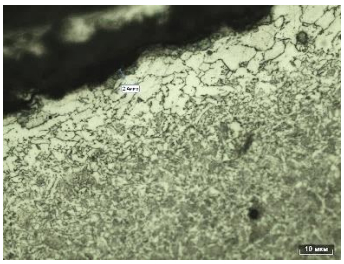
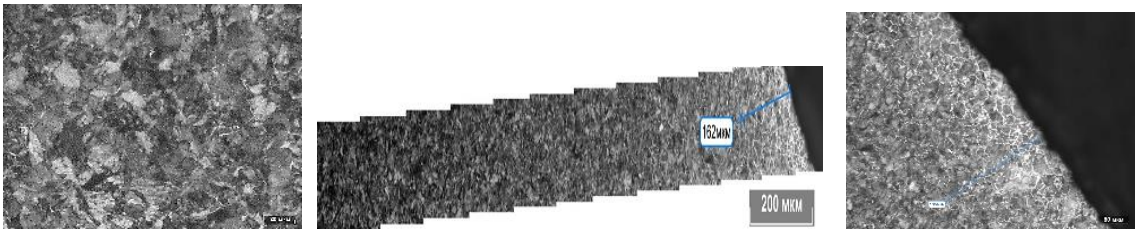


Рис. 2. Обезуглероженный слой и коррозионные повреждения на поверхности катания головки рельсовой пробы категории Т1 (2002 г.) (×1000)

Результаты металлографических исследований на металлографическом шлифе, изготовленном из головки рельса категории ОТ350, производства АО «ЕВРАЗ НТМК» (2023 г.) представлены на рисунке 3 (а, б ,в).

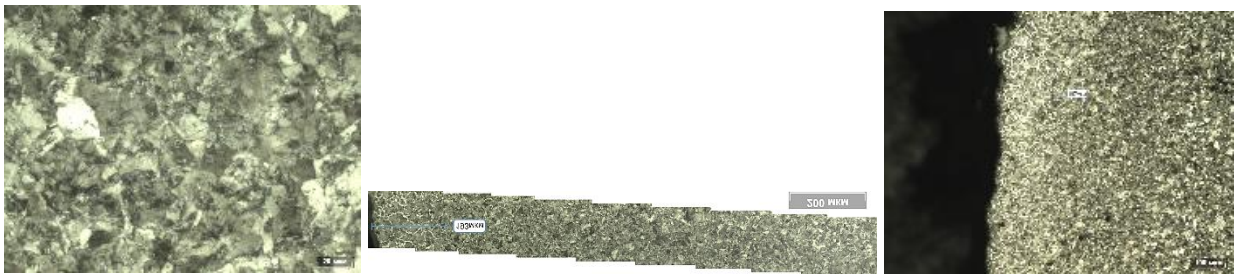


а *б* *в*

Рис. 3. А) микроструктура основного металла головки рельса категории ОТ350 производства АО «ЕВРАЗ НТМК» (2023 г.) (×500); б) панорама приповерхностного слоя на микрошлифе из головки рельсовой пробы категории ОТ350 (2023 г.) (×500); в) обезуглероженный слой на поверхности катания головки рельса категории ОТ350 (2023 г.) (×200)

Проведённые металлографические исследования выявили различия в морфологии обезуглероженного слоя в объемно термоупрочненных рельсах прокатанных в условиях АО «ЕВРАЗ НТМК» в 2002 и 2023 гг. В рельсах категории Т1 обезуглероженный слой имеет большую глубину и представляет собой матрицу из ферритных зерен с участками перлита, которая по мере заглубления в толщу основного металла сменяется троостосорбитной матрицей с областями игольчатого феррита и бейнита, сходящими на нет при глубине порядка 2 мм от поверхности катания головки рельса. Стоит отметить, что ГОСТ Р 51685-2000 не регламентирует как толщину обезуглероженного слоя, так и наличие в микроструктуре структур повышенной твердости и хрупкости, в частности, бейнита, а также количество участков феррита.

Результаты металлографических исследований на металлографическом шлифе, изготовленном из головки рельса категории ДТ350, производства АО «ЕВРАЗ ЗСМК», представлены на рисунке 4 (а, б, в).



а *б* *в*

Рис. 4. А) микроструктура основного металла головки рельса категории ДТ350 производства АО «ЕВРАЗ ЗСМК» (2018 г.) (×500); б) панорама приповерхностного слоя головки рельса категории ДТ350 производства АО «ЕВРАЗ ЗСМК» (2018 г.) (×500); в) обезуглероженный слой на поверхности катания головки рельса категории ДТ350 производства АО «ЕВРАЗ ЗСМК» (2018 г.) (×100)

Таким образом, микроструктура основного металла головки рельсов соответствует требованиям ГОСТ Р 51685-2013 для рельсов категории ДТ350.

Результаты металлографических исследований на металлографическом шлифе, изготовленном из головки рельса категории ДТ350, производства ПАО «ЧМК», представлены на рисунке 5 (а, б, в).



а *б* *в*

Рис. 5. А) микроструктура основного металла головки рельса категории ДТ350 производства ПАО «ЧМК» (2016 г.) (×500); б) панорама приповерхностного слоя головки рельсовой пробы категории ДТ350 производства ПАО «ЧМК» (2016 г.) (×500); в) обезуглероженный слой на поверхности катания головки рельса категории ДТ350 (2016 г.) (×100)

Таким образом, микроструктура основного металла головки рельсов соответствует требованиям ГОСТ Р 51685-2013 для рельсов категории ДТ350.

На основании проведённых металлографических исследований металлографических шлифов, изготовленных из четырех полнопрофильных темплетов, отобранных от рельсов различных категорий и производителей установлено.

1. Микроструктура основного металла головки рельса категории Т1, прокатанного в условиях АО «ЕВРАЗ НТМК» в 2002 г. соответствует требованиям ГОСТ Р 51685-2000, металла головки рельса категории ОТ350, прокатанного в условиях АО «ЕВРАЗ НТМК» в 2023 г. соответствует требованиям ГОСТ Р 51685-2022. Максимальная глубина обезуглероженного слоя, составила 185 мкм, при норме не более 0,5 мм, что соответствует требованиям ГОСТ Р 51685-2022 для рельсов категории ОТ350.

2. Микроструктура основного металла головки рельса категории ДТ350, прокатанного в условиях АО «ЕВРАЗ ЗСМК» в 2018 г. и металла головки рельса категории ДТ350, прокатанного в условиях ПАО «ЧМК» в 2016 г, соответствует требованиям ГОСТ Р 51685-2013. Максимальная глубина обезуглероженного слоя, составила 193 мкм и 273 мкм, при норме не более 0,5 мм, что соответствует требованиям ГОСТ Р 51685-2013 для рельсов категории ДТ350.

3. Сравнительный анализ параметров микроструктуры рельсов ОТ(Т1), изготовленных в соответствии с ГОСТ Р 51685-2000(2013) (2022) и рельсов ДТ, изготовленных по ГОСТ Р 51685-2013(2022), свидетельствует о том, что рельсы ОТ характеризуются более мелкодисперсной структурой основного металла головки с отдельными участками феррита. Отличие микроструктуры указанной области для рельсов Т1, изготовленных по ГОСТ Р 51685-2000 от рельсов ОТ и ДТ общего назначения по ГОСТ Р 51685-2013(2022) связано с наличием в последнем конкретных требований к фазовому составу и размерным характеристикам микроструктуры приповерхностной области при отсутствии таковых требований в ГОСТ Р 51685-2000.

4. По результатам анализа нормативной документации, регламентирующей требования к хранению рельсов, установлено, что срок хранения рельсов вне зависимости от их категории рекомендуется принимать не более 25 лет при выполнении требований по хранению рельсов согласно ГОСТ Р 51685-2022 и СТО РЖД 1.08.001-2008.

Список литературы

1. Борц А.И. Исследования инновационной рельсовой продукции и перспективы ее дальнейшего развития в условиях концепции импортозамещения // РСП-Эксперт, №12, 2015, №1(81), 2016, с. 16 -19.
2. Борц А.И. Исследования инновационной рельсовой продукции// Железнодорожный транспорт, №8, 2015, С. 54–57.
3. Шур Е.А., Борц А.И., Рейхарт В.А., Хлыст С.В., Гонтарь А.В. Перспективы развития рельсового производства в России // Materialy VIII miedzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji “Aktualne problemy nowoczesnych nauk”. 07-15 czerwca 2012 roku. Przemysl, c. 36-44.
4. Гудремон Э. Специальные стали. – М.: Металлургия, 1966. Т. 1. С. 512 734.
5. Меськин В. С. Основы легирования стали. – М.: Металлургиздат, 1959. 688 с.
6. Качанов Н. Н. Прокаливаемость стали. – М.: Металлургия, 1978. – 190 с.
7. Вязников Н. Ф. Легированная сталь. – М.: Металлургиздат, 1963. – 271 с.
8. Пикеринг Ф. Б. Физическое металловедение и разработка сталей. – М.: Металлургия, 1982. – 182 с.

9. Стародубов К. Ф. Борковский Ю. З., Некрасова С. З. Влияние легирующих элементов на кинетику распада аустенита конструкционных сталей // – М.: Металлургия, 1966. Вып. 24. – С. 29-40.

10. Раузин Я.Р. Термическая обработка хромистой стали. – М.: Машиностроение, 1978. – 277 с.

11. Rapatz F., Mirt O. / Stahl u. Eisen. – 1954. – H. 19. – S. 1195-1202.

12. Узлов И.Г., Мирошниченко Н.Г. Термическое упрочнение проката. – М.: Металлургия, 1969. – Вып. 30.

13. СТО РЖД 1.08.001-2008 «Материалы, оборудование, запасные части и изделия. Правила хранения» (распоряжение ОАО «РЖД» № 753р от 11.04.2008).

14. Инструкция «Дефекты рельсов. Классификация, каталог и параметры дефектных и остродефектных рельсов», утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» от 23.10.2014 № 2499/р.

Колпаков В.И.
д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Россия, Москва
kolpakov54@mail.ru
Корнеев И.С.
студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Россия, Москва
iskorn@icloud.com

МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЕРХСКОРОСТНОГО РЕЗАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Аннотация. Показано, что для повышения эффективности и снижения трудоемкости механической обработки, являющейся на сегодняшний день одним из самых распространенных методов формообразования металлов, может быть применен метод сверхскоростного резания (ССР). В данной работе проведено моделирование процесса обработки со сверхвысокими скоростями, основанное на численном решении задачи механики сплошной среды, описывающей температурное и динамическое взаимодействие режущего инструмента с обрабатываемым материалом. На примере алюминиевого сплава AL 7039 получены графики распределения температуры, давления и плотности во время обработки. Кроме этого разработанная модель дает возможность получить широкий диапазон дополнительных параметров, например, распределение температуры внутри режущего инструмента, внутри материала во время обработки, определить напряженно-деформированное состояние в зоне резания и т.д. Полученные данные необходимы для эффективного планирования технологических процессов обработки со сверхвысокими скоростями и дают возможность сформулировать технические требования к режимам резания. Установлено, что новый метод моделирования обладает научно-прикладной значимостью.

Ключевые слова: сверхскоростное резание, моделирование процесса, температура резания, деформация, плотность.

Kolpakov V.I.
Doctor of Technical Sciences, Professor
Bauman Moscow State Technical University
Russia, Moscow
kolpakov54@mail.ru
Korneev I.S.
Student
Bauman Moscow State Technical University
Russia, Moscow
iskorn@icloud.com

SIMULATION OF ULTRAHIGH-SPEED CUTTING OF ALUMINUM ALLOYS

Abstract. It is shown that the method of ultrahigh-speed cutting (UHSC) can be used to increase the efficiency and reduce the labor input of machining, which is currently one of the most common methods of metal forming. In this paper we have modeled the process of machining with ultra-high speeds, based on numerical solution of the problem of continuum mechanics, describing the temperature and dynamic interaction of the cutting tool with the material being machined. On the example of aluminum alloy AL 7039 the graphs of temperature, pressure and density distribution during machining are obtained. In addition, the developed model makes it possible to obtain a wide range of additional parameters, for example, temperature distribution inside the cutting tool, inside the material during machining, to determine the stress-strain state in the cutting zone, etc. The obtained data are necessary for effective planning of technological processes of machining with ultra-high speeds and make it possible to formulate technical requirements for cutting modes. It is established that the new modeling method has scientific and applied significance.

Keywords: ultrafast cutting, process modeling, cutting temperature, deformation, density.

Механическая обработка является одним из самых распространенных методов формообразования, несмотря на значительное развитие методов формообразования без снятия стружки, таких как литье, штамповка, прессование и т.п. Это вызвано тем, что только механическая обработка позволяет обеспечить требуемые качество и точность деталей при достаточно низкой, по сравнению с другими технологиями, себестоимостью.

Однако, применяемые в настоящее время технологические процессы механической обработки деталей различных изделий характеризуются высокой трудоемкостью, которая обусловлена низкой производительностью из-за заниженных режимов при обработке труднообрабатываемых материалов и затрудненными условиями выхода стружки при обработке цветных металлов, многообразием операций вследствие высоких требований к точности и качеству поверхности детали.

Для решения проблемы повышения эффективности механической обработки требуется изыскание возможностей использования более высоких скоростей обработки с применением уже имеющихся инструментальных материалов.

С этой точки зрения актуальным является реализация сверхскоростного резания (ССР). Под ССР в настоящее время принято понимать механическую обработку лезвийным инструментом со скоростями, превышающими существующие в настоящее время скорости резания на порядок выше.

Проведенные исследования [1,2] показали, что при обработке со сверхвысокими скоростями улучшается качество поверхности и точность обработки. Все это позволяет сократить число операций технологического процесса, что в свою очередь, влечёт за собой уменьшение вспомогательного и машинного времени, количества оборудования и инструмента, числа производственных рабочих, сокращение производственных площадей и энергозатрат. Уменьшение количества приспособлений, в свою очередь, даёт возможность сократить временные и материальные затраты на этапе технологической подготовки производства. Также повышается точность изготовления деталей, что влечёт за собой уменьшение припуска на обработку и, как следствие этого, сокращение количества материала. Шероховатость обработанной поверхности ниже, чем при обработке с обычными скоростями на 2–3 класса.

Эти преимущества подчеркивают актуальность выбранной темы.

Моделирование процесса ССР

Анализ проведенных работ [3] показал, что обработка со сверхвысокими скоростями, с имеющимися в настоящее время инструментальными материалами, из-за высоких температур, возникающих в зоне резания, возможна только для цветных сплавов.

Для эффективного планирования технологических процессов обработки металлов со сверхвысокими скоростями резания без проведения натурных экспериментов было решено использовать физико-математическое моделирование, предназначенное для прогнозирования поведения реального объекта. Была построена физико-математическая модель (рис. 1), состоящая из слоя металла непрерывного течения и резца произвольной формы, который был принят за абсолютно твердое тело.

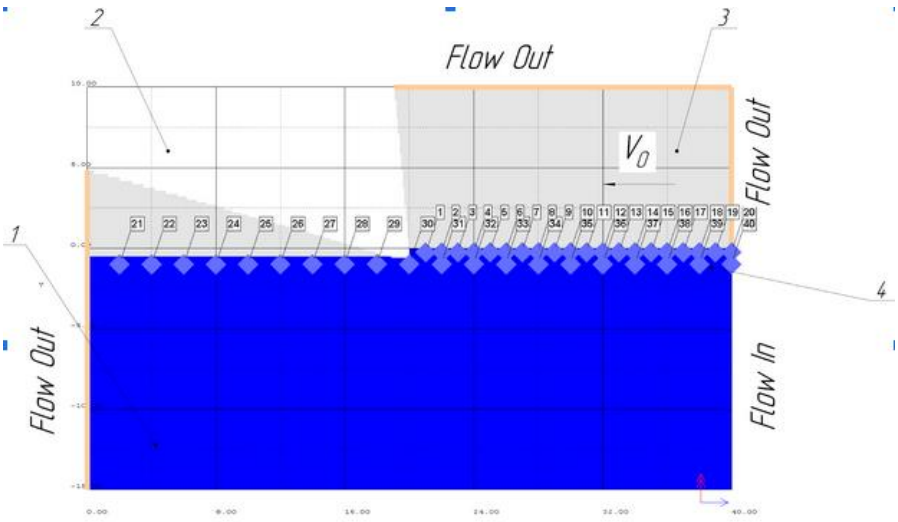


Рис. 1. Расчетная схема ССР:
1 – обрабатываемый материал (AL 7039), 2 –резец, 3 – V_0 скорость резания,
4 – реперные точки

В качестве рабочей среды для решения поставленной задачи использовалось программное обеспечение ANSYS / Autodyn. Это программный продукт для 2D- и 3D-анализа высокоскоростных нелинейных динамических процессов в твердых телах, жидкостях и газах.

Программное обеспечение позволило оценить такие параметры как температура, плотность, деформация, давление и др. в произвольной точке предложенной модели. Одной из причин использования такого подхода являлась возможность задания высокой скорости резания, а именно 50…250 м/с.

Для простоты расчетов в построении модели ширина резца не учитывалась. Задача имеет двухмерный вид.

В качестве обрабатываемого материала был выбран алюминиевыей сплав AL 7039, прочностной моделью которого является модель Джонсона-Кука.

Модель Джонсона-Кука – одна из наиболее распространённых моделей металлов, используемая при моделировании быстропротекающих процессов. Она позволяет учитывать нелинейную сжимаемость материала в задачах распространения ударных волн (благодаря использованию уравнения состояния ударной адиабаты), учитывать вязкие эффекты при высокоскоростном нагружении и тепловое разупрочнение при нагреве (который оценивается внутри модели на основе данных пластической деформации).

Свойства алюминиевого сплава AL 7039 показаны в таблице.

Таблица

Свойства AL 7039

Материал	Свойства	Значение
AL 7039 Johnson Cook	Плотность	2,77 г/см^3
	Удельная теплоемкость	8,75*10^4 кл*Дж/г*К
	Модуль сдвига	27,6 ГПа
	Предел текучести	0,337 ГПа
	Температура плавления	877 К

Программное обеспечение предлагает несколько способов-подходов к решению тех или иных задач. В данном случае был выбран метод Эйлера – численный метод решения систем дифференциальных уравнений.

Было реализовано бесконечное «втекание» (Flow In) материала с правой стороны и его движение к вершине резца (справа налево) со скоростью 100 м/с. При этом материал «вытекал» (Flow Out) в левой и верхней правой границах физико-математической модели.

Важной составляющей для решения задачи являлось было проставление реперных точек (рис. 1) в определенных координатах на сетке матери-

ала. В процессе расчетов в точках под номерами 1–20 были получены графики (рис. 2–4) распределения изменения температуры, давления и плотности во времени. Данные, полученные из этих графиков и программного обеспечения позволяют оценить распределение различных параметров в зоне контакта режущий инструмент-заготовка.

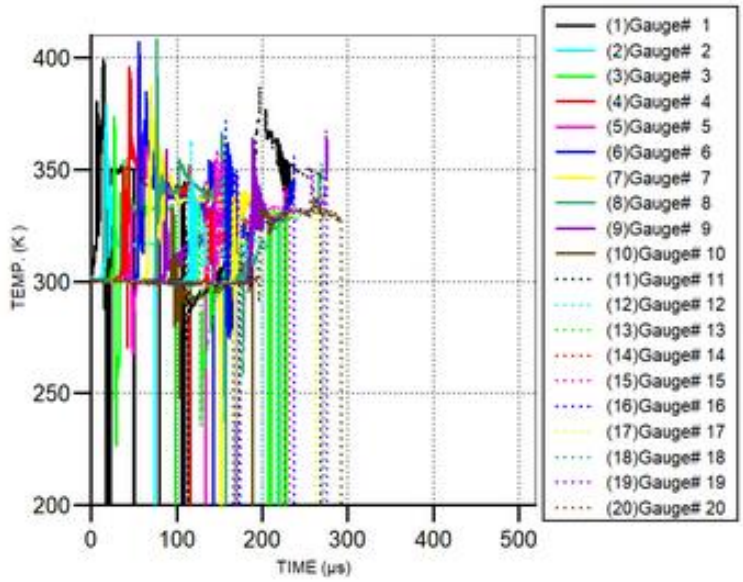


Рис. 2. Изменение температуры во времени в зоне контакта режущий инструмент-заготовка при обработке алюминиевого сплава AL 7039

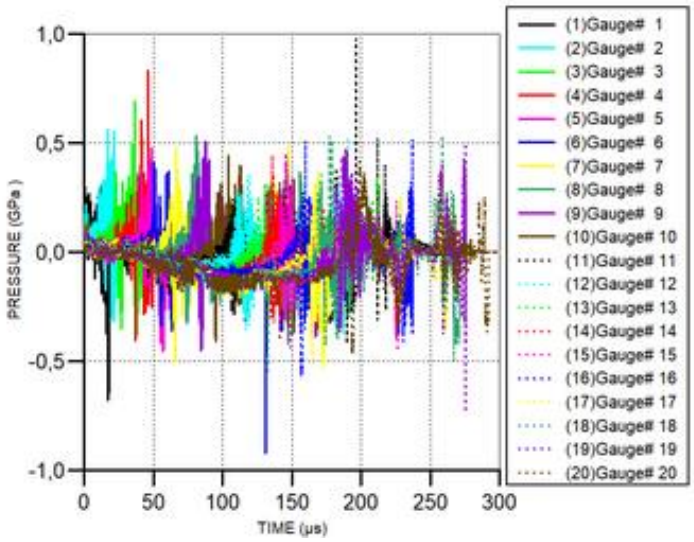


Рис. 3. Изменение давления во времени в зоне контакта режущий инструмент-заготовка при обработке алюминиевого сплава AL 7039

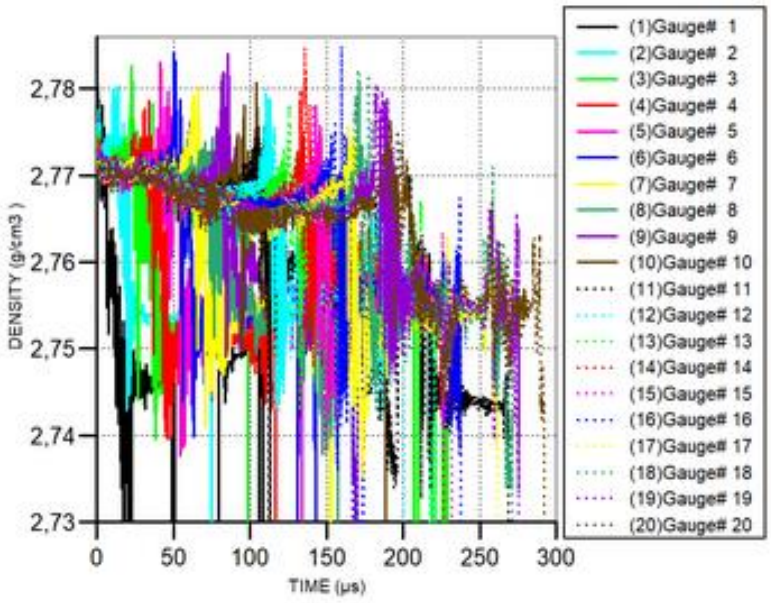


Рис. 4. Изменение плотности во времени в зоне контакта режущий инструмент-заготовка при обработке алюминиевого сплава AL 7039

Также было получено подробное распределение температуры в зоне резания и ее локализация в стружке материала, которое видно на промежуточном цикле (рис. 5). Реперные точки двигались вместе с снимаемым слоем металла.



Рис. 5. Распределение температуры и реперные точки в зоне резания и стружке материала

Предложенная в данной работе модель и программное обеспечение позволяют оценить динамические факторы и изменение температуры в зоне контакта режущий инструмент-заготовка при обработке со сверхвысокими

скоростями.Дальнейшие исследования в данном направлении позволят получить широкий диапазон дополнительных параметров, таких как распределение температуры внутри режущего инструмента, внутри обрабатываемого материала во время обработки, определить напряженно-деформированное состояние в зоне резания и т.д. Это позволит разработать методики выбора режимов обработки на основе температурно-силового фактора, который оказывает доминирующее влияние на износ режущего инструмента при ССР, а также сформулировать технические требования к оборудованию и инструменту.

Список литературы

1. Корнеева В.М., Корнеев С.С. Совершенствование обработки на основе сверхскоростного фрезерования // Вестник МГТУ Станкин. 2016. №1 (36). С.38-40.
2. Корнеева В.М., Корнеев С.С. Экспериментальная оценка технологических показателей процесса механической обработки металлов лезвийным инструментом со сверхвысокими скоростями резания // Технология металлов. 2018. № 12. С. 9-15. – DOI 10.31044/1684-2499-2018-12-9-15
3. Корнеева В.М., Корнеев С.С. Экспериментальная оценка возможности сверхскоростного резания лезвийным инструментом на основе температурного фактора // Технология машиностроения. 2016. №9. С.16-20.
4. János KUNDRÁK, Gergely SZABÓ, Angelos P. MARKOPOULOS Experimental and Numerical Investigation of the Influence of Cutting Speed and Feed Rate on Forces in Turning of Steel
5. Ozel T. The influence of friction models on finite element simulations of machining // International Journal of Machine Tools & Manufacture. – 2006. – №46. – С. 518–530.

Чуликова Ж.Е.
старший преподаватель
Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета
Россия, Коломна
matriza_Janna@mail.ru
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
Московский политехнический университет
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ЖАРОПРОЧНОСТЬ СТАЛИ 08Х18Н10Т ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СТАРЕНИЯ

Аннотация. Печные змеевики установок гидроочистки дизельного топлива изготавливают из жаропрочной аустенитной стали 08Х18Н10Т. В процессе эксплуатации металл испытывает высокие тепловые нагрузки, сопровождающиеся термическим старением. По границам зерен образуются дисперсные карбидные и интерметаллидные фазы, коге-

рентно связанные с аустенитной матрицей длительное время. Карбидные упрочнения менее жаропрочны, более склонны к коагуляции и распределены в матрице сплава менее равномерно, чем интерметаллиды. С увеличением температурно-временных параметров происходит накопление необратимых деформаций ползучести стали и образование дефектов (пор, микротрещин и т.п.), приводящих к разрушению. Высокотемпературное охрупчивание аустенита при 550–650 °С является следствием низкой когерентной связи частиц промежуточной интерметаллидной фазы, зарождающейся на границах раздела σ-фаза с околограничной зоной стальной матрицы. При этом длительная прочность в отсутствии деформации ползучести остается высокой.

Ключевые слова: сталь 08Х18Н10Т, жаропрочность, длительная прочность, пластичность, ферротитанид.

Chulikova Zh.E.
Senior Lecturer
Kolomna Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University
Russia, Kolomna
matriza_Janna@mail.ru
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

HEAT STRENGTH OF STEEL 08X18H10T WITH CHANGES IN THE TEMPERATURE-TIME AGING PARAMETERS

Abstract. Furnace coils for diesel fuel hydrotreating plants are made of heat-resistant austenitic steel 08X18H10T. During operation, the metal experiences high thermal loads, accompanied by thermal aging. Dispersed carbide and intermetallic phases are formed along the grain boundaries, coherently associated with the austenitic matrix for a long time. Carbide reinforcements are less heat resistant, more prone to coagulation, and are distributed less uniformly in the alloy matrix than intermetallic compounds. With an increase in temperature and time parameters, irreversible creep deformations of steel accumulate and defects (pores, microcracks, etc.) form, leading to destruction. High-temperature embrittlement of austenite at 550–650 °C is a consequence of the low coherent connection of particles of the intermediate intermetallic phase, nucleating at the interface between the σ phase and the near-boundary zone of the steel matrix. At the same time, long-term strength in the absence of creep deformation remains high.

Keywords: steel 08X18H10T, heat resistance, long-term strength, ductility, ferrotitanide.

Рациональное использование нефти – стратегически важная задача, стоящая перед нефтеперерабатывающей промышленностью страны. В связи с этим все более актуальны вопросы оптимизации технологических процессов переработки нефти и модернизации оборудования. В том числе, путем применения для установок гидроочистки дизельного топлива прочных, немагнитных, коррозионностойких материалов, способных выдерживать продолжительные тепловые нагрузки.

Исследование жаропрочности таких металлов при изменении температурно-временных параметров позволяет установить характер фазово-структурных изменений и оценить степень их влияния на прочность печных змеевиков.

В настоящее время имеется достаточно много научных работ, посвященных данной тематике исследования. Авторы статьи дополняют материал углубленным изучением характеристик жаропрочности стали 08Х18Н10Т.

Трубы печных змеевиков нефтеперерабатывающих установок рекомендуется изготовлять из аустенитной стали типа 18-8 (18-20% хрома, 8-12% никеля) или 25-20 (22-27% хрома и 16-21% никеля). Это жаропрочные сплавы, работающие в нагруженном состоянии при температурах выше 450 ^{0}С в течение определенного времени и выдерживающие при этом агрессивное воздействие окружающей среды.

Для получения высокой жаростойкости сталь 08Х18Н10Т легируют хромом, а для повышения жаропрочности обогащают никелем и титаном. Присадка Cr ≥ 18% улучшает окалиностойкость и повышает электродный потенциал аустенита. Никель максимально сдерживает самодиффузию железа и диффузию углерода в аустенит, увеличивает прокаливаемость металла. Сродство между титаном и углеродом больше, чем у хрома. Когда титановый элемент добавляется в сталь, углерод сначала соединяется с ним, образуя стабильный карбид титана, который может эффективно предотвращать образование карбида хрома и осаждение плохого хрома на границе зерен и, в конечном счете, эффективно предотвращать межкристаллитную коррозию. Титан при высоких температурах также может диспергировать интерметаллическое соединение Fe_2Ti [4]. Создание у сплава специальной структуры достигается в результате термической обработки.

В процессе эксплуатации печные змеевики испытывают высокие тепловые нагрузки, сопровождающиеся термическим старением материала. По границам зерен образуются дисперсные карбидные и интерметаллидные фазы, когерентно связанные с аустенитной матрицей длительное время [2].

В [1,3] показано, что при высокотемпературном старении упрочняющими фазами являются: первичные карбиды TiC, вторичные карбиды $M_{23}C_6$, M_6C, M_7C_3, где M = Fe, Cr. И обнаруженный авторами статьи при микроанализе химического состава стали 08Х18Н10Т ферротитанид Fe_2Ti, являющийся интерметаллическим соединением двух металлов. Карбидные упрочнения менее жаропрочны, более склонны к коагуляции и распределены в матрице сплава менее равномерно, чем интерметаллиды [2].

При рабочих температурах жаропрочные сплавы должны иметь высокий предел ползучести и достаточную длительную прочность. В данной работе проведено исследование жаропрочности трубчатых заготовок из стали 08Х18Н10Т в зависимости от температурно-временных параметров старения.

Для этого заготовлены образцы из горячекатанной стали 08Х18Н10Т в форме заготовок размером 130×10×10 мм и микрошлифов размером 10×10×10 мм, вырезанных из труб диаметром 219 мм и толщиной стенки 10 мм.

Технологическую наследственность материала моделировали путем термообработки в несколько этапов:

1. Аустенизация при высоких температурах (1150 ^{0}C – 1 ч.) с охлаждением в воде. Такая закалка приводит к получению однородного твердого раствора с наименьшей твердостью и высоким сопротивлением ползучести;

2. Стабилизирующий отжиг при 860 ^{0}C – 3 ч. и последующее медленное охлаждение вместе с печью. Стабилизирующий отжиг применяется для предотвращения склонности к межкристаллитной коррозии при работе на температурах свыше 350 ^{0}C и снятия внутренних напряжений.

Термическое старение проводилось в лабораторных условиях при постоянных температурах 450 ^{0}C; 550 ^{0}C; 650 ^{0}C; 750 ^{0}C, временные интервалы изотермической экспозиции 1000 ч, 2000 ч, 5000 ч, 10000 ч.

Микроструктурный анализ стали 08Х18Н10Т и состава выпадающих фаз выполнялся на электронно-зондовом микроанализаторе ЕРМА-1720 путем высокоточного рентгеноспектрального метода исследования. Режим сканирования выбран непрерывным в интервале 30–60 мкм. Результаты регистрировались на сканограммах, содержащие профили рентгеновских интенсивностей концентраций легирующих элементов по зерну и при пересечении зондом границ зерен.

Испытания образцов на ползучесть и длительную прочность проводились на установке АИМА-5-2 в соответствии с требованиями ГОСТ 10145-81 («Металлы. Метод испытания на длительную прочность») и ГОСТ 3248-81 («Металлы. Метод испытания на ползучесть»).

Рентгеноспектральный микроанализ показал различия в поведении основных легирующих элементов: хрома, титана и никеля в окрестностях зерен аустенита. В металле в состоянии поставки концентрационных изменений по хрому в приграничных зонах не наблюдается (рис. 1), а «всплески» концентрации титана имеют место на частицах карбонитридов в теле зерна.

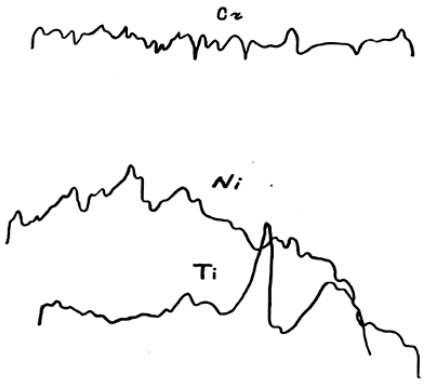


Рис. 1. Сканограмма концентрации легирующих элементов в микроструктуре стали 08Х18Н10Т в состоянии поставки

После аустенизации со стабилизирующим отжигом так же не наблюдается концентрационных изменений по хрому в приграничных зонах (рис. 2),

а более частые «всплески» концентрации титана соответствуют большему количеству карбонитридов.

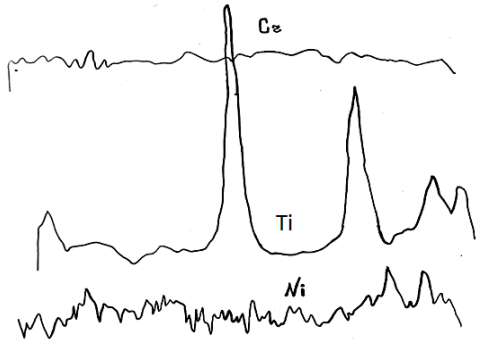


Рис. 2. Сканограмма концентрации легирующих элементов в микроструктуре стали 08Х18Н10Т после аустенизации

После термического старения до 650 ^{0}С в течение 5000 часов наблюдается резкое снижение концентрации хрома (рис. 3).

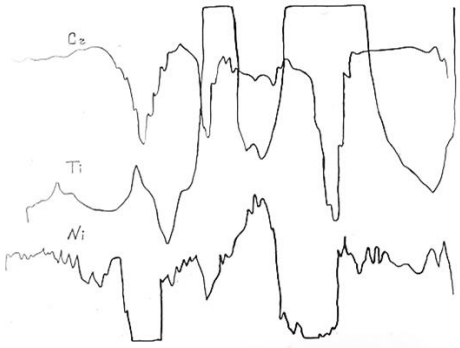
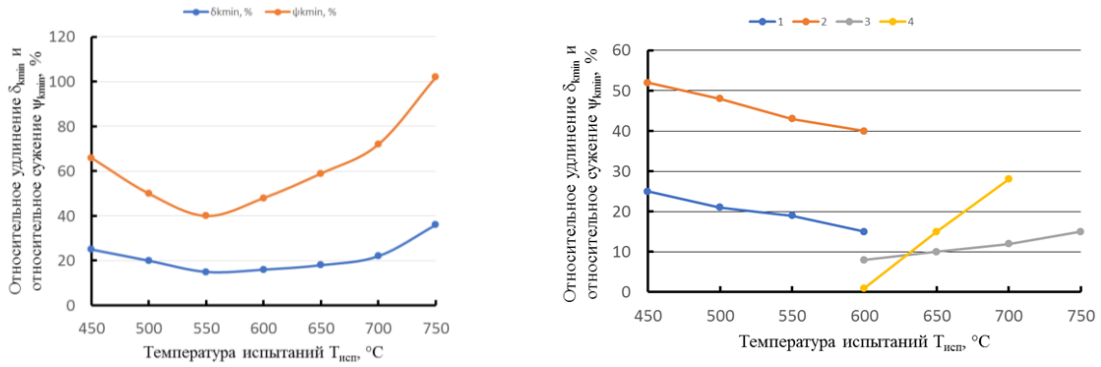


Рис. 3. Сканограмма концентрации легирующих элементов в микроструктуре стали 08Х18Н10Т после старения 650 ^{0}С в течение 5000 часов

На межфазных границах обнаруживается присутствие неизвестной интерметаллидной фазы, близкой по форме и расположению (по границам зёрен) к σ-фазе, но отличающейся от нее по составу (γ-фаза, либо $Me_{23}C_6$).

Для σ-фазы характерно повышенное содержание хрома, а для неизвестной фазы наблюдается резкое снижение концентрации хрома (рис. 3) при одновременном увеличении количества титана. Зарождение такой фазы, по-видимому, связано с тем, что в аустенитных сталях типа 08Х18Н10Т титан не расходуется полностью на связывание углерода в первичные карбиды. Поэтому часть титана остается растворенной в аустените и в интервале температур 550–700 ^{0}С при выпадении карбидов $Me_{23}C_6$ в σ-фазу образует, предположительно, ферротитанид, являющийся интерметаллидом переменного состава. Кристаллографические параметры этой фазы установить не удалось.

Влияние интерметаллидной фазы на длительную прочность оценим по температурно-временной зависимости пластичности (рис. 4).



а) *б)*

Рис. 4. Зависимость пластичности от температуры при длительном разрыве: а) сталь 08Х18Н10Т в состоянии поставки; б) 1 – δ_{kmin} сталь 08Х18Н10Т в состоянии после аустенизации; 2 – ψ_{kmin} сталь 08Х18Н10Т в состоянии после аустенизации; 3 – δ_{kmin} сталь 08Х18Н10Т в состоянии после аустенизации и старения (550 ^{0}С 2000 часов); 4 – ψ_{kmin} сталь 08Х18Н10Т в исходном состоянии и старения (550 ^{0}С 2000 часов)

На графиках видно, что для металла в состоянии поставки имеет место существенное снижение характеристик пластичности $\delta \geq 15\%$ и $\psi \geq 25\%$ в интервале температур испытания 450–600 ^{0}С. Это свидетельствует о протекании процесса старения непосредственно во время испытания, при этом тот же металл после изотермического старения менее склонен к снижению пластичности.

При температуре 550 ^{0}С наблюдаются синхронные минимумы удлинения δ и сужения ψ. Такое проведение горячей пластической деформации в аустенитном состоянии граничит с горячей хрупкостью и повышает чувствительность металла к замедленному разрушению. Исследование [1] подтверждает падение условного предела текучести $\sigma_{0,2} \leq 37\%$ при 550 ^{0}С не зависимо от исходного состояния металла.

При дальнейшем повышении температуры до 650 ^{0}С наблюдается замедление падения пластичности. Нами зафиксировано незначительное повышение длительной прочности. Как и все интерметаллиды, ферротитанид упрочняет стальную матрицу, повышает ее твердость и химическую стойкость.

При увеличениb температуры испытаний до 750 ^{0}С охрупчивание металла снижается. Это связано со структурными и фазовыvb превращениями стали 08Х18Н10Т и возможным растворением σ-фазы.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Старение при 450 ^{0}С незначительно влияет на характеристики жаропрочности; старение в интервале 550–650 ^{0}С вызывает провалы длительной пластичности и вязкости, достигающих значений горячей хрупкости у металла с дополнительной термообработкой по режиму стабилизирующего отжига.

2. Высокотемпературное охрупчивание при 550–650 ^{0}С является следствием низкой когерентной связи частиц промежуточной интерметаллидной фазы, зарождающейся на границах раздела σ-фаза с околограничной зоной

аустенитной матрицы, обедненной хромом. При этом длительная прочность в отсутствии деформации ползучести остается высокой.

3. Жаропрочность стали 08XI8H10T с увеличением температурно-временных параметров характеризуется тем, что в аустените с накопление необратимых деформаций ползучести происходит образование дефектов (пор, микротрещин и т.п.), приводящих к разрушению.

Список литературы

1. Лахтин Ю.М. Материаловедение стали / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева // Машиностроение, 1972. – С. 511.
2. Чуликова Ж.Е. Влияние длительных выдержек при повышенной температуре на эволюцию структуры стали 08Х18Н10Т / Ж.Е. Чуликова, В.В. Овчинников // Заготовительные производства в машиностроении. 2023. Т. 21. № 6. – С. 278-287.
3. Чуликова Ж.Е. Эволюция структуры стали 08Х18Н10Т при длительной выдержке при высокой температуре / Ж.Е. Чуликова, В.В. Овчинников // 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.
4. Как элемент титан влияет на аустенитную нержавеющую сталь / Текст: электронный // LKSTEELPIPE.COM: сервер компании LINKUN: [сайт].- 2024. URL: https://ru.lksteelpipe.com/news/how-the-element-titanium-affect-the-austenite-22979012.html. (дата обращения:25.04.2024).

Кушнир И.С.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
kushn1r_ivan@mail.ru
Левина Т.А.
к.э.н, доцент, заведующая кафедрой
Московский политехнический университет
Россия, Москва
t.a.levina@mospolytech.ru
Адылина А.П.
к.т.н., доцент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
dmitr1eva@mail.ru

ОБЗОР СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ИЗ ПЕРЕРАБОТАННЫХ ПЛАСТМАССОВЫХ ОТХОДОВ

Аннотация. Результат исследования, направленный на обзор технологии переработки пластиковых отходов, представляет из себя обзор метода изготовления материалов, при-

годных для печати методом наплавления пластиковой нити на подложку принтера, с целью создания объекта по заранее спроектированной CAD-модели. Из переработанных пластмасс, благодаря технологиям 3D печати, человечество сможет производить необходимые объекты и изделия, не прибегая к традиционным методам производства нового пластика. Подавляющее количество расходных деталей и объектов из пластика (малогабаритные корпуса, мелкие бытовые приборы, фигурки), нуждаются в точности в дизайне при производстве, и могут быть созданы с помощью метода FDM из переработанных пластиковых отходов, с целью уменьшения вреда человечества на окружающую среду, повышения безотходности и целевого использования продуктов переработки.

Ключевые слова: аддитивные технологии, FDM-метод, качество материалов 3D печати, переработка, полимерные материалы, безотходное производство.

Kushnir I.S.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
kushn1r_ivan@mail.ru
Levina T.A.
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
t.a.levina@mospolytech.ru
Adylina A.P.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
dmitr1eva@mail.ru

OVERVIEW OF THE PRODUCTION SYSTEM FOR ADDITIVE MANUFACTURING PARTS FROM RECYCLED PLASTIC WASTE

Abstract. The result of the study, aimed at reviewing the technology of recycling plastic waste, is an overview of the method of manufacturing materials suitable for printing by melting plastic filament onto a printer substrate in order to create an object based on a pre-designed CAD model. Thanks to 3D printing technologies, humanity will be able to produce the necessary objects and products from recycled plastics without resorting to traditional methods of producing new plastic. The overwhelming number of consumable parts and objects made of plastic (small-sized housings, small household appliances, figurines) need precision in design during production, and can be created using the FDM method from recycled plastic waste, in order to reduce the harm to humanity to the environment, increase waste-free and targeted use of recycled products.

Keywords: additive technologies, FDM method, quality of 3D printing materials, recycling, polymer materials, waste-free production.

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 спе-

циальной 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).

Преимущества предлагаемых подходов по сравнению с другими, более известными и привычными, заключаются в системности метода переработки пластика в сырьё для дальнейшего производства изделий методом FDM; возможность использования для 3D принтеров с технологией FDM переработанного пластика, что в конечном итоге исследований позволит сократить затраты на производство сырья и потребление пластика. Уникальность предполагаемых исследований заключается в разработке адаптируемой системы, основанной на принципах грамотного ресурсо-потребления и спецификации каждого из видов пластика, для переработки и создания подходящего по техническим, физическим и химическим характеристикам сырья для производства конечного продукта в процессе послойного наплавления. Данный проект потребует инновационных решений в разработке технологических процессов, создании адаптируемой модели, подбору и последующему синтезу материалов, создании спецификаций и алгоритмов переработки отходов для производства качественного сырья в сфере аддитивных технологий, что, на наш взгляд, является востребованными исследованиями в критической технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации её загрязнения.

Технология печати по методу FDM

Метод FDM (Fused Deposition Modeling) представляет собой технику аддитивного производства, основанную на нагреве и экструзии пластичных материалов для создания трехмерных объектов. В процессе FDM печати термопластичный филамент подается через сопло, где он нагревается до определенной температуры и равномерно наносится на рабочую поверхность по слоям. При остывании пластичный материал затвердевает, образуя слой объекта. Затем платформа опускается на один уровень, и процесс повторяется для нанесения следующего слоя.

Когда происходит печать, пластиковый или другой подходящий материал подается в экструдер, нагревается до определенной температуры и выдавливается из сопла в виде мелкой нити. Это позволяет точно создавать объекты слой за слоем, начиная с нижнего слоя и постепенно поднимаясь вверх.

После завершения печати объект охлаждается и застывает, образуя прочную и устойчивую конструкцию. После этого лишние материалы, такие

как поддерживающие структуры, могут быть удалены вручную или с помощью специальных инструментов.

На рисунке 1 показана установка для FDM-печати.

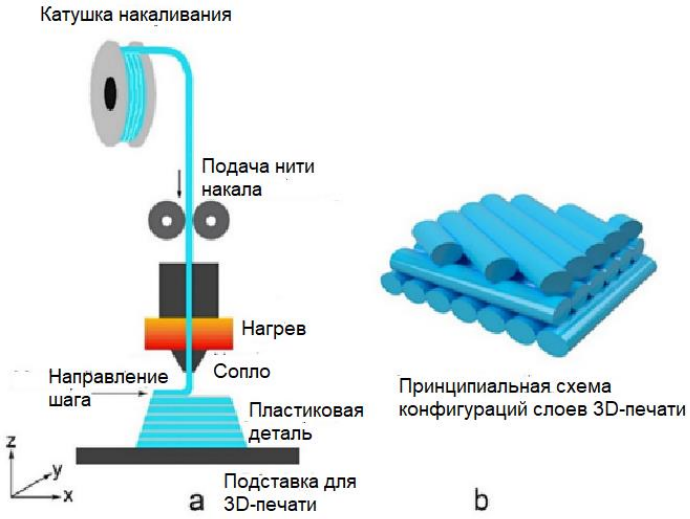


Рис. 1. Установка для печати FDM

Основной особенностью процесса FDM является возможность создания сложных геометрических форм и структур, а также возможность использования различных материалов, что делает этот метод широко применимым в различных областях, включая инженерию, медицину, архитектуру и другие.

Как и любой технологический процесс, метод печати деталей FDM имеет свои преимущества и недостатки (таблица 1).

Таблица 1

Преимущества и недостатки метода FDM

Преимущества	Недостатки
Повышенная свобода дизайна: FDM позволяет создавать сложные геометрические формы и интегрировать внутренние структуры, которые были бы трудно или невозможно изготовить другими способами.	Ограниченные материалы: печать FDM ограничена выбором доступных материалов, что может снизить явность, качество и прочность деталей.
Быстрая скорость производства: FDM дает возможность быстро создавать прототипы и небольшие серии изделий без необходимости создания сложных форм и пресс-форм.	Неровная поверхность: изделия, изготовленные методом FDM, могут иметь неровности на поверхности из-за особенностей процесса печати.
Экономически эффективно: процесс FDM требует минимального количества оборудования и материалов, что может снизить затраты на производство.	Низкая прочность: детали из FDM могут иметь более низкую механическую прочность и стойкость к теплу и химическим воздействиям по сравнению с деталями, созданными другими методами производства, такими как литье или обработка металлом.

Технологии 3D-печати из переработанного пластика

Ограниченный выбор материалов и проблемы совместимости с различными принтерами создают препятствия для отрасли. Кроме того, необходимо решить проблемы последующей обработки и переработки, такие как засорение сопел при использовании переработанного пластика для изготовления нитей [1] . Одним из многообещающих решений этих проблем является изготовление нити для 3D-печати из переработанного ПЭТ-пластика. Этот процесс включает в себя ряд важных этапов, которые требуют тщательного контроля температуры на различных этапах для обеспечения правильного плавления и экструзии.

Для достижения постоянного диаметра и качества нити в процессе экструзии используется система контроля диаметра. Экструдированная нить быстро охлаждается для ее затвердевания, а точная намотка обеспечивает аккуратную намотку нити без спутывания. Перед экструзией переработанный пластик тщательно очищается и подготавливается, что повышает качество конечного продукта [2] . Чтобы гарантировать высокое качество конечного продукта, на протяжении всего процесса проводятся регулярные проверки качества. Эти проверки контролируют диаметр, прочность и внешний вид нити, тем самым гарантируя, что переработанная ПЭТ-нить соответствует требуемым стандартам [2] . Несмотря на растущий потенциал этой технологии, существуют проблемы, которые необходимо преодолеть, такие как загрязнение потока пластиковых отходов, трудности с получением постоянного диаметра нити и отсутствие стандартизации свойств нити [3]. Тем не менее, процесс создания нити для 3D-печати из отходов пластика может оказать существенное влияние как на индустрию 3D-печати, так и на окружающую среду [3]. Исследователи и новаторы в этой области активно работают над разработкой нитей, совместимых с существующими 3D-принтерами, и предлагают решения проблем постобработки и переработки. Поступая таким образом, они стремятся использовать весь потенциал 3D-печати, одновременно способствуя более устойчивому и экологически чистому подходу к производству [1]. Производство нити для 3D-печати из переработанного ПЭТ-пластика обещает решить проблемы, с которыми сталкивается индустрия 3D-печати. Благодаря постоянным исследованиям, разработкам и стандартизации эта новая технология может сыграть решающую роль в формировании будущего 3D-печати и ее воздействия на окружающую среду.

Чтобы создать устойчивое производство нити для 3D-печати из переработанного ПЭТ-пластика, применяется пошаговая методология, которая проиллюстрирована на рисунке 2. Эта методология является важным шагом на пути к достижению устойчивой практики 3D-печати за счет сокращения пластиковых отходов и продвижения использования экологически чистых материалов. Пошаговая методология производства нити из вторичного ПЭТ детально разработана, начиная от выбора материала и заканчивая экструзией.

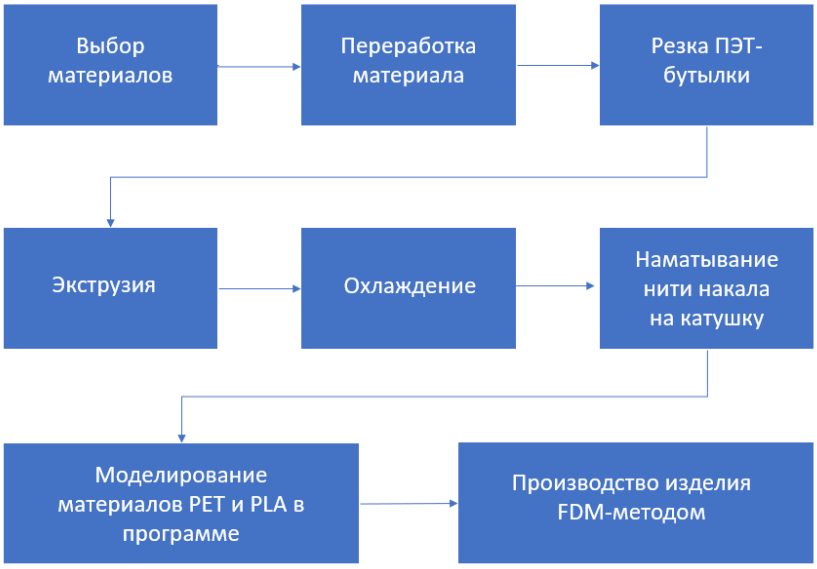


Рис. 2. Методология производства изделия из переработанного пластика

Выбор материала

Как показано на рисунке 2, начальным этапом методики является выбор материала. Это включает в себя выявление пластиковых отходов, доступных для изготовления нитей для 3D-печати, что требует выбора определенных типов пластика в качестве исходного материала для 3D-печати. Впоследствии были изучены свойства пластиковых отходов, такие как температура плавления, предел прочности и предел упругости. Пластиковые отходы подразделяются на различные типы, такие как термопласты и термореактивные пластмассы, в зависимости от их характеристик [4], [5] . Для этого исследования мы выбрали пластиковые бутылки из ПЭТ, поскольку большая часть имеющихся отходов состоит из ПЭТ-пластика, как показано на рисунке 3.



Рис. 3. Непереработанные пластиковые отходы

В таблице 2 показаны предварительные механические свойства материалов, выбранных для исследования, пластика ПЭТ и пластика PLA.

Таблица 2

Характеристики выбранного ПЭТ материала

	Механические свойства	Характеристики ПЭТ	Характеристики PLA
1	Модуль Юнга (E)	2800–3100 МПа	1280 МПа
2	Предел прочности	55–75 МПа	45–65 МПа
3	Предел растяжения	2–5%	3–6%
4	Температура плавления	255 °C	180 °C

Переработка пластика

После того, как первый этап выбора материала завершен, следующим шагом будет переработка пластиковых бутылок. Первый этап переработки заключается в тщательном очищении бутылок и их сушке для удаления остаточных примесей и биологических компонентов. После того, как бутылки очищены, их нагревают, чтобы сделать их более гибкими и убрать неровности, что облегчает нарезку на полоски. Этот шаг важен, поскольку он позволяет придать бутылкам желаемую форму и размер для следующего этапа процесса. Разрезая бутылки на полоски, пластик можно легко подавать в экструдер. Этот шаг имеет решающее значение для успеха процесса, поскольку он гарантирует, что переработанный пластик можно будет эффективно использовать для создания нити для 3D-печати.

После того как пластиковые бутылки очищены и нагреты, их сортируют и разрезают на непрерывные полоски с помощью резака для пластиковых полосок. Ширина полоски для 3D принтера варьируется – от 10 мм до 12 мм, как показано на рисунке 4. Эти пластиковые полоски обычно называют «предварительной нитью». Цель разрезания пластиковых бутылок на полоски – облегчить последующие этапы процесса, а именно экструзию и намотку нити на катушку.

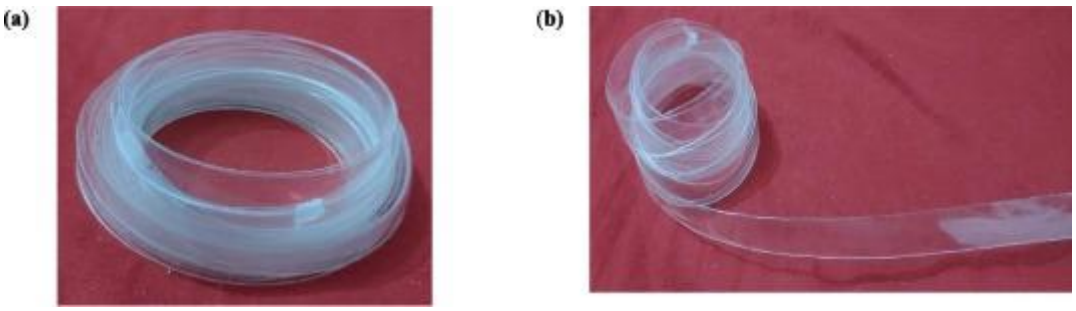


Рис. 4. Полоски из пластиковой бутылки:
а) шириной 12 мм; б) шириной 10 мм

Следующие шаг в процессе переработки пластиковых бутылок в нить для 3D-печати – проведение материала через экструдер. После того как пластиковые полоски нарезаны до желаемой ширины, их подают в экструдер, как показано на рисунке 5. Экструдер нагревает пластиковые полоски и расплавляет их до однородного расплавленного состояния. Он оснащен нагревательным элементом, температура которого колеблется от 0 до 400 °C [8]. Затем расплавленный пластик проталкивается через матрицу или отверстие сопла, образуя длинную непрерывную нить. Диаметр насадки составляет 1,6 мм.

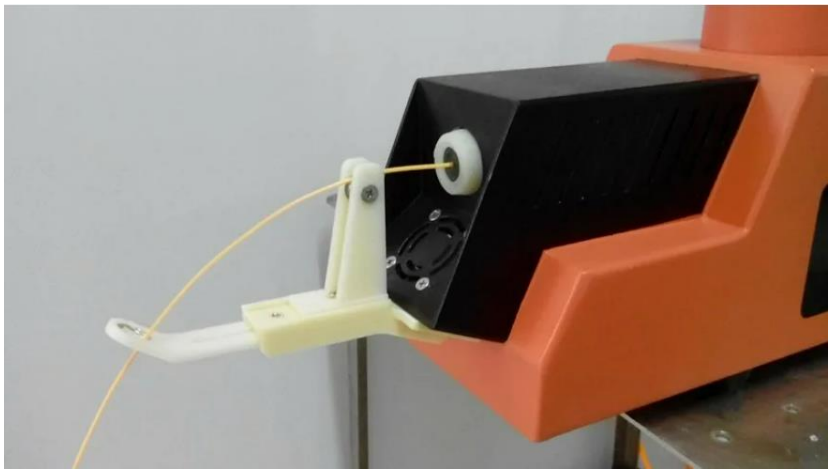


Рис. 5. Экструдер пластиковых нитей

После экструзии нить подвергается процессу охлаждения, чтобы гарантировать затвердевание и сохранение своей формы. Нить пропускается через охлаждающий вентилятор, который быстро и эффективно охлаждает ее. Это очень важно, поскольку предотвращает потерю формы или деформацию нити в процессе намотки.

Наконец, нить наматывается на катушку. Катушка вращается с постоянной скоростью, и нить аккуратно наматывается на нее, слой за слоем. Этот процесс обеспечивает равномерную и плотную намотку нити, предотвращая запутывание и образование узлов, которые могут повлиять на ее качество. Как только катушка заполнена нитью, она готова к использованию для 3D-печати. Полученная нить имеет высокое качество, постоянный диаметр и подходит для широкого спектра применений 3D-печати.

Из переработанных пластмасс, благодаря технологиям 3D-печати, человечество сможет производить необходимые объекты и изделия, не прибегая к традиционным методам производства нового пластика. Подавляющее количество расходных деталей и объектов из пластика (малогабаритные корпуса, мелкие бытовые приборы, фигурки), нуждаются в точности в дизайне при производстве, и могут быть созданы с помощью метода FDM из переработанных пластиковых отходов, с целью уменьшения вреда человечества на окружающую среду, повышения безотходности и целевого использования продуктов переработки (рис. 6).



Рис. 6. Примеры деталей из переработанного пластика

В конце, хочется сделать вывод, что аддитивное производство представляет собой развивающуюся технологию, находящуюся на начальной стадии, которая может бросить вызов традиционным производственным процессам. В целом, исследование подчеркивает потенциал переработки пластиковых отходов и их использования для создания экологически чистых материалов для 3D-печати. Использование переработанного пластика ПЭТ (полиэтилентерефталат) в 3D-печати дает ряд экологических преимуществ по сравнению с традиционным PLA. Это снижает выбросы углекислого газа и потребление энергии во время производства, снижая выбросы парниковых газов. Кроме того, он удаляет пластиковые отходы со свалок, уменьшая загрязнение и сохраняя ценные природные ресурсы, способствуя более устойчивой и замкнутой экономике. В целом, использование переработанного ПЭТ в 3D-печати приводит к более ответственному и экологичному подходу, сводящему к минимуму воздействие на окружающую среду.

Исследуя различные материалы и условия, мы можем продолжать находить новые способы сокращения отходов и создания более экологически чистых продуктов. Использование экологически чистых материалов в 3D-печати оказывает положительное влияние на окружающую среду и способствует более устойчивому будущему. Результаты этого исследования способствуют развитию экологически чистых производственных методов и созданию устойчивых нитей.

Список литературы

1. S. Kim, M.A. Rahman, M. Arifuzzaman, D.B. Gilmer, B. Li, J.K. Wilt, E. Lara-Curzio, T. Saito Closed-loop additive manufacturing of upcycled commodity plastic through dynamic cross-linking Sci. Adv., 8 (22) (2022), pp. 1-10

2. M. Cristea, D. Ionita, M.M. Iftime Dynamic mechanical analysis investigations of PLA-based renewable materials: how are they useful? Materials (Basel), 13 (22) (2020), pp. 1-24

3. M. Attaran The rise of 3-D printing: the advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing Bus. Horiz., 60 (5) (2017), pp. 677-688

4. A. Charles, E. Harper, Handbook of Plastics, Elastomers, and Composites, 2014.

5. W.H. Binder The ‘Labile’ chemical bond: a perspective on mechanochemistry in polymers Polymer (Guildf), 202 (2020), Article 122639

6. R. Nisticò Polyethylene Terephthalate (PET) in the packaging industry Polym. Test., 90 (2020), Article 106707

7. S. Farah, D.G. Anderson, R. Langer Physical and mechanical properties of PLA, and their functions in widespread applications – A comprehensive review Adv. Drug Deliv. Rev., 107 (2016), pp. 367-392

8. G. Xiaowu, F. Lisheng Making Tools and Devices H. Jueming, L. Jinsong, W. Lianhai (Eds.), Chinese Handicrafts, Springer Nature Singapore, Singapore (2022), pp. 1-114

9. R.K. Dhammi, K.M. Soni, S. Selvam, P. Singh, Real Time Monitoring of High Temperature of Remote Places Using Wireless Sensor Network Without Use of Any Peripheral Hardware, in: 2019 6th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks, SPIN 2019, IEEE, 2019, pp. 850–853.

10. K.T. Nabila, T. Akter, M. Hossain, M.H. Rahman, R. Alam, Multi-Probe Thermocouple Transducer for Simultaneous Temperature Measurement, in: 2019 IEEE 5th International Conference for Convergence in Technology, I2CT 2019, 2019.

Клочков Я.М.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
ayklochkov@mail.ru
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
Московский политехнический университет
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ЦИРКОНИЯ И СКАНДИЯ НА СВАРИВАЕМОСТЬ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ Al–Ca–Zn–Mg

Аннотация. В статье рассматривается влияние циркония и скандия на свариваемость экспериментального алюминиевого сплава системы Al–Ca–Zn–Mg. Приводятся результаты исследований, которые показывают, как добавление этих элементов влияет на механические свойства сварных соединений и структуру сварного шва.

Экспериментальный сплав системы Al–Ca–Zn–Mg был выбран для исследования, так как он обладает рядом уникальных свойств, таких как высокая прочность, коррозионная стойкость и хорошая свариваемость. Однако, чтобы улучшить его характеристики, необходимо провести дополнительные исследования.

Результаты исследования могут быть полезны для разработки новых алюминиевых сплавов с улучшенными характеристиками и для оптимизации процессов сварки алюминиевых конструкций.

Ключевые слова: алюминиевые сплавы, литье, горячая прокатка, холодная продольная прокатка, аргонодуговая сварка, лазерная сварка, порообразование, механические свойства соединений.

Klochkov Ya.M.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ayklochkov@mail.ru
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

THE EFFECT OF ZIRCONIUM AND SCANDIUM ON THE WELDABILITY OF THE EXPERIMENTAL ALLOY OF THE AL–CA–ZN–MG SYSTEM

Abstract. The article examines the effect of zirconium and scandium on the weldability of an experimental aluminum alloy of the Al–Ca–Zn–Mg system. The results of studies are presented that show how the addition of these elements affects the mechanical properties of welded joints and the structure of the weld.

The experimental alloy of the Al–Ca–Zn–Mg system was chosen for research because it has a number of unique properties such as high strength, corrosion resistance and good weldability. However, in order to improve its characteristics, additional research is needed.

The results of the study can be useful for the development of new aluminum alloys with improved characteristics and for optimizing the welding processes of aluminum structures.

Keywords: aluminum alloys, casting, hot rolling, cold longitudinal rolling, argon arc welding, laser welding, pore formation, mechanical properties of joints.

Чтобы изучить, насколько хорошо свариваются исследуемые сплавы, мы использовали технологические пробы, такие как «рыбий скелет» и крестовая проба. Также мы применяли методику оценки трещиностойкости, разработанную в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Эта методика основана на измерении критической скорости деформации растяжения (Акр) металла шва во время кристаллизации. Если деформация не превышает критическую скорость, то в шве не образуются трещины.

Для оценки трещиностойкости мы использовали установку ЛТП1-6 и образцы размером 50×50 мм. При сварке образцов исследуемых сплавов мы использовали присадочные проволоки СвАМг6 и Св1575 диаметром 2 мм со скальпированной поверхностью.

Мы хотели выяснить, как добавление циркония и скандия влияет на свариваемость алюминиевого сплава системы Al–1,0Ca–5,5Zn–1,5Mg–0,5Mn.

Оценку склонности выбранных модельных сплавов Al–1Ca–5,5Zn–1,5Mg–0,5Mn (сплав 1) и Al–2Ca–2,5Mg–0,4Mn (сплав 2) осуществляли с использованием карточек толщиной 2,5 мм и размерами 100х60 мм с направлением прокатки по более длинной стороне.

Автоматическую аргонодуговую сварку исследуемых образцов осуществляли на фиксированном значении тока дуги 85, 90, 95 и 100 А. Остальные параметры режима сварки: напряжение дуги 27–28 В, скорость сварки 10,8 м/ч, расход защитного газа (аргон) – 12–14 л/мин. Сварку осуществляли без присадочного металла.

Результаты определения коэффициента трещинообразования и критической скорости деформирования при сварке исследуемых сплавов, а также сплавов 1915 и АМг3 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели свариваемости исследуемых алюминиевых сплавов

Сплав	Ток дуги, А	Коэффициент трещинообразования К, % по пробе		Критическая скорость деформации Акр, мм/мин
		крестовая	рыбий скелет	
Al–1Ca–5,5Zn–1,5Mg–0,5Mn (сплав 1)	85	38	47	3,1
	90	45	51	2,8
	95	50	55	2,5
	100	55	58	2,1
Al–2Ca–2,5Mg–0,4Mn (сплав 2)	85	16	20	4,8
	90	18	22	4,7
	95	32	40	3,3
	100	47	50	2,9
1915	–	55	60	2,0
АМг3	–	20	25	5,0

Для сплава Al–1Ca–5,5Zn–1,5Mg–0,5Mn (сплав 1) коэффициент трещинообразования по пробе "рыбий скелет" находится в пределах 51–58%. Для крестовой пробы значения коэффициента трещинообразования находятся в пределах 45–55%, что можно объяснить меньшей точностью данной пробы. Наблюдается тенденция к увеличению коэффициента трещинообразования с увеличением тока дуги и соответствующем увеличении объема сварочной ванны.

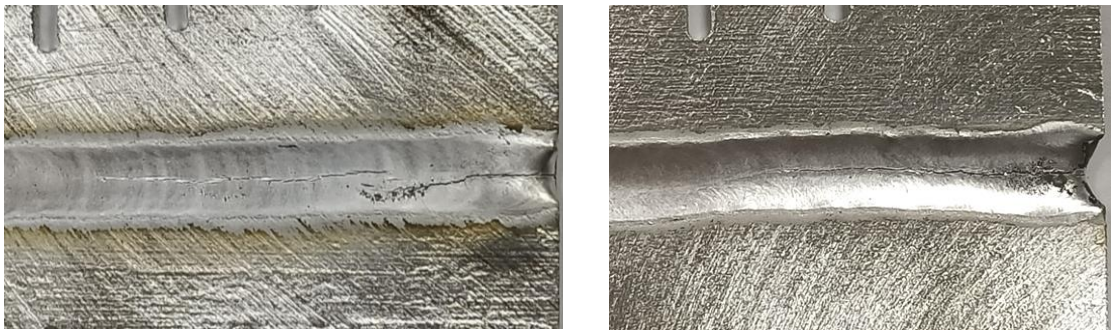
С увеличением тока дуги с 85 до 100 А для сплава 1 отмечается снижение значения критической скорости деформирования образца, свидетельствующее о повышении склонности к формированию трещин при сварке.

В общем можно отметить, что свариваемость сплава Al–1Ca–5,5Zn–1,5Mg–0,5Mn находится на уровне свариваемости сплава 1915 (таблица 1).

Для сплава Al–2Ca–2,5Mg–0,4Mn (сплав 2) можно отметить меньшую склонность к образованию кристаллизационных трещин при сварке по сравнению со сплавом Al–1Ca–5,5Zn–1,5Mg–0,5Mn (сплав 1) (таблица 1). Также наблюдается увеличение коэффициента трещинообразования при росте значения тока дуги с 85 до 100 А.

Анализ полученных данных показывает, что характеристики трещинообразования сплава Al–2Ca–2,5Mg–0,4Mn (сплав 2) (коэффициент трещинообразования и критическая скорость деформирования образца) находятся на уровне, соответствующем сплаву АМг3.

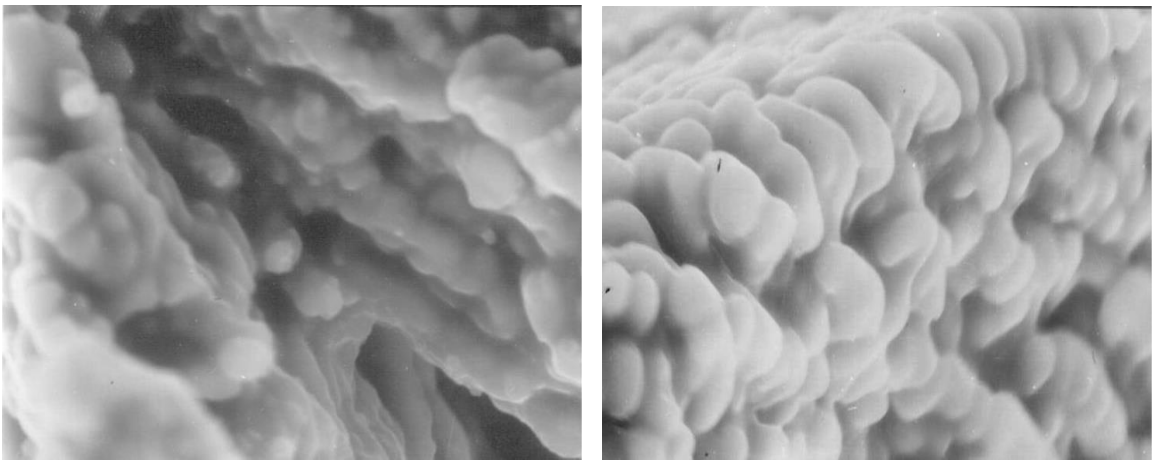
Внешний вид трещин на пробе «рыбий скелет» для исследуемых сплавов показан на рис. 1.



а *б*

Рис. 1. Внешний вид образцов пробы «рыбий скелет» из исследуемых сплавов и укрупненное изображение трещины:
а) сплав Al–1Ca–5,5Zn–1,5Mg–0,5Mn; б) сплав Al–2Ca–2,5Mg–0,4Mn

Анализ внешнего вида полученных образцов показывает, что наблюдается формирование магистральной трещины по оси шва. Результаты исследований поверхности излома по трещине для обоих сплавов позволили установить, что поверхность горячих трещин на пробе в металле шва представляет собой межкристаллитный разлом с упорядоченной дендритной структурой (рис. 2).



а *б*

Рис. 2. Фрактограмма поверхности магистральной трещины (х1000) при сварке пробы «рыбий скелет» сплава Al–1Ca–5,5Zn–1,5Mg–0,5Mn (а) и Al–2Ca–2,5Mg–0,4Mn (б)

Помимо приведенных выше проб на свариваемость также к сплавам Al–1Ca–5,5Zn–1,5Mg–0,5Mn (сплав 1) и Al–2Ca–2,5Mg–0,4Mn (сплав 2) была использована кольцевая проба на свариваемость. Сущность данной

пробы заключалась в выполнении в пластине с помощью фрезерования отверстия диаметром 25 мм с последующей вваркой ручной аргонодуговой сваркой дисковой заглушки в отверстие.

Проведенные эксперименты по сварке образцов обоих сплавов показали, что в процессе сварки не наблюдалось формирования трещин. Ультразвуковой контроль кольцевых проб не выявил наличия дефектности проб.

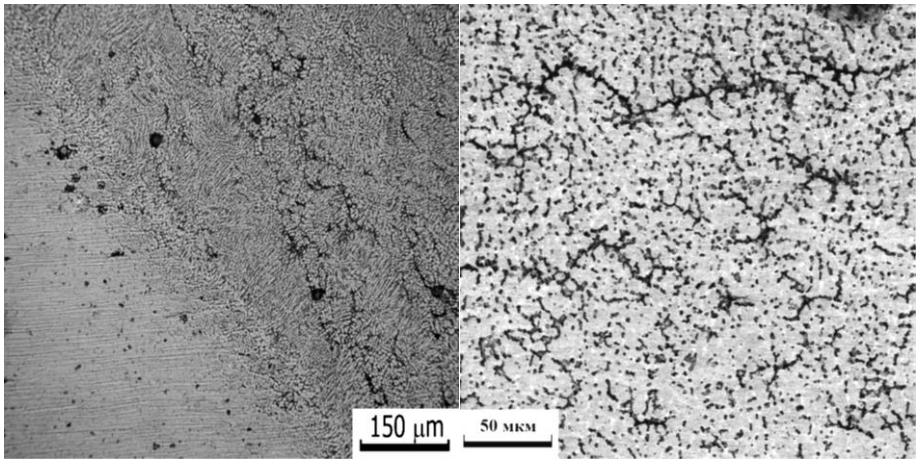
Таким образом можно отметить, что исследуемые сплавы обладают достаточно высокой стойкостью против образования кёталлизационных трещин при сварке плавлением без присадочного металла.

При изготовлении сварных конструкций из алюминиевых сплавов методами сварки плавлением одним из основных дефектов является пористость швов (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав металла шва сплава Al–1Ca–5,5Zn–1,5Mg–0,5Mn

Зона анализа	Содержание основных легирующих элементов, масс. %			
	Al	Mg	Zn	Mn
Основной металл	93,01	1,44	5,18	0,37
Металл шва	94,53	0,84	4,34	0,29



а *б*

Рис. 3. Кристаллизационные трещины в зоне сплавления (а) и в металле шва (б) соединения сплава Al–1Ca–5,5Zn–1,5Mg–0,5Mn, выполненного на скорост и сварки 2,5 м/мин

Исследованы особенности и характеристики горячекатаных листов из сплавов Al–1Ca–5,5Zn–1,5Mg–0,5Mn и Al–2Ca–2,5Mg–0,4Mn с высоким содержанием примесей.

Для сплава Al–1Ca–5,5Zn–1,5Mg–0,5Mn показатель образования трещин при испытании «рыбий скелет» составляет от 51% до 58%. При испытании крестовой пробы коэффициент образования трещин составляет от 45% до 55%, что может быть связано с меньшей точностью этого метода. Также наблюдается тенденция к увеличению коэффициента образования трещин при увеличении силы тока дуги и соответствующем увеличении объёма сварочной ванны.

Можно сделать вывод, что свариваемость сплава Al–1,0Ca–5,5Zn–1,5Mg–0,5Mn сопоставима со свариваемостью серийного алюминиевого сплава 1915.

Список литературы

1. Овчинников В.В. Свариваемость алюминиевых сплавов на основе системы Al-Ca-Zn-Mg. / Овчинников В.В., Акопян Т.К., Сбитнев А.Г., Поляков Д.А. // Металлург. 2024. №2. С. 51-58.
2. Овчинников В.В. Свариваемость новых алюминиево-кальциевых сплавов, легированных цинком и магнием, при сварке плавлением. / Овчинников В.В., Глухих Я.М., Проценко Е.О. // Электрометаллургия. 2024. №1. С. 3-15.
3. Влияние отжига на механические свойства листов и сварных соединений сплава AL-2%CU-2%MN-2%MG Глухих Я.М. 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. Москва, 2023. С. 242-251.
4. Технологически особенности сварки трением с перемешиванием пластин из сплава ALSI10MG, полученных селективным лазерным плавлением Глухих Я.М. В сборнике: лучшая студенческая работа 2023. Сборник статей VIII Международного научно-исследовательского конкурса. Пенза, 2023. С. 15-21.
5. Влияние легирования цирконием и скандием на показатели свариваемости алюминиевого сплава системы AL-CA-ZN-MG Глухих Я.М. В сборнике: Молодой учёный года 2024. Сборник статей XI Международного научно-исследовательского конкурса. Пенза, 2024. С. 13-16.
6. Технологически особенности сварки трением с перемешиванием пластин из сплава ALSI10MG, полученных селективным лазерным плавлением Глухих Я.М. В сборнике: лучшая студенческая работа 2023. Сборник статей VIII Международного научно-исследовательского конкурса. Пенза, 2023. С. 15-21.
7. Влияние режимов отжига на механические свойства листов алюминиевого сплава Глухих Я.М., Овчинников В.В. В сборнике: наука и инновации – современные концепции. Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума. Москва, 2022. С. 130-136.

Дмитрашко П.С.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва,
garentor@mail.ru
Сбитнев А.Г.
к.т.н., доцент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
artem27@list.ru
Научный руководитель: ***Овчинников В.В.***
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
Московский политехнический университет
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРИСАДОЧНОГО МЕТАЛЛА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЛИТ СПЛАВА 1565ЧМ

Аннотация. Получены сравнительные результаты механических испытаний сварных соединений плит из сплава 1565чМ толщиной 15 мм, выполненных ручной многопроходной аргонодуговой сваркой с присадочными проволоками СвАМг61 и Св1575. При испытаниях сварных соединений плит сплава 1565чМ, выполненных многопроходной ручной аргонодуговой сваркой, разрушение образцов наблюдалось по зоне термического влияния. Коэффициент прочности соединений, выполненных ручной аргонодуговой сваркой, составил 0,96. Введение скандия в металл сварного шва через присадочную проволоку (проволока Св1575) позволяет повысить временное сопротивление металла шва на 23–25% по сравнению с проволокой СвАМг61. При этом значение угла изгиба возросло на 45%, а ударная вязкость на 20%. При многопроходной аргонодуговой сварке с присадочной проволокой Св1575 плит сплава 1565чМ в металле шва наблюдается формирование мелкозернистой структуры с выделениями эвтектики по границам зерен. Размер зерна уменьшается до 10–30 мкм по сравнению с 50–100 мкм, характерного для использования присадочной проволоки СвАМг61.При многопроходной аргонодуговой сварке с присадочной проволокой Св1575 плит сплава 1565чМ в металле шва наблюдается формирование мелкозернистой структуры с выделениями эвтектики по границам зерен. Размер зерна уменьшается до 10–30 мкм по сравнению с 50–100 мкм, характерного для использования присадочной проволоки СвАМг61.

Ключевые слова: алюминиевый сплав 1565чМ, плиты, ручная многопроходная сварка, присадочная проволока, легирование скандием, механические свойства, структура соединения.

Dmitrashko P.S.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow,
garentor@mail.ru
Sbitnev A.G.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow Polytechnic University

Russia, Moscow
artem27@list.ru
*Scientific Advisor:**Ovchinnikov V.V.***
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

INFLUENCE OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF FILLER METAL ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF WELDED JOINTS OF ALLOY PLATES OF 1565CHM ALLOY

Abstract. Comparative results of mechanical tests of welded joints of plates made of alloy 1565chM with a thickness of 15 mm, performed by manual multi-pass argon arc welding with filler wires SvAMg61 and Sv1575 are obtained. When testing the welded joints of alloy plates of 1565chM alloy made by multi-pass manual argon arc welding, the destruction of the samples was observed in the heat-affected zone. The strength coefficient of the joints made by manual argon arc welding was 0.96. The introduction of scandium into the weld metal through filler wire (Sv1575 wire) makes it possible to increase the temporary resistance of the weld metal by 23–25% compared to the SvAMg61 wire. 45%, and impact strength by 20%. Multi-pass argon arc welding with Sv1575 filler wire of 1565chM alloy plates in the weld metal shows the formation of a fine-grained structure with eutectic releases along the grain boundaries. The grain size is reduced to 10–30 μm compared to 50–100 μm, which is typical for the use of SvAMg61 filler wire.In multi-pass argon arc welding with Sv1575 filler wire of 1565chM alloy plates, the formation of a fine-grained structure with excretions of eutectics along the grain boundaries. The grain size is reduced to 10–30 μm compared to the 50–100 μm typical for the use of SwAMg61 filler wire.

Keywords: aluminum alloy 1565chM, plates, manual multi-pass welding, filler wire, scandium alloying, mechanical properties, connection structure.

Полуфабрикаты из сплава 1565ч могут поставляться в горячекатаном, нагартованном или отожженном состояниях. Из данного сплава можно изготавливать все виды полуфабрикатов (листы, профили, плиты, прутки, панели, штамповки и поковки).

Перспективным направлением решения этих задач является легирование сплавов системы Al–Mg, скандием [1–3]. Введение в сплав Al–6,5% Mg скандием в количестве 0,1–0,40% позволяет повысить его прочность с 300 до 430 МПа при сохранении относительного удлинения на уровне 15%. Было выявлено, что скандий является эффективным модификатором и антирекристаллизатором сплавов системы Al–Mg, существенно улучшающий свойства литого металла шва [1].

Кроме того, мелко дисперсные частицы фазы Al_3Sc (3–20 нм), которые выделяются при нагревах в интервале 300–350 °С, имеют высокую плотность и существенно упрочняют алюминий, этот эффект соизмерим с эффектом упрочнения при искусственном старении в сплавах системы Al–Cu.

В итоге, скандий, используемый в качестве легирующего элемента в алюминиевых сплавах, оказался наиболее эффективным переходным металлом из всех ранее известных применительно к данной группе сплавов.

В связи с этим представляет интерес проведение исследования о влиянии присадочных проволок, содержащих в своем составе скандий, на механические свойства сварных соединений алюминиевых сплавов Al–Mg не легированных скандием.

В качестве основного металла служили плиты из алюминиевого сплава 1565ч толщиной 15 мм, химический состав которых представлен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав плит из сплава 1565ч толщиной 15 мм (ГОСТ 4784-2019)

Марка сплава	Массовая доля элементов, %									
	Al	Mg	Mn	Be	Zr	Cu	Zn	Cr	Fe + Si	Прочие примеси, сумма
1565ч	Осн.	5,75	0,76	0,0005	0,09	0,07	0,55	0,06	0,2 + 0,12	0,10

Аргонодуговую сварку плит толщиной 15 мм выполняли вручную с одной стороны с V-образной разделкой свариваемых кромок под углом 90°. Разделку заплавляли продольно-поперечными валиками. Количество слоев в металле шва достигало 7–9. Режим сварки и очередность наложения валиков выбирали такими, чтобы избежать перегрева в зоне сплавления валиков между собой и с основным металлом. При переходе от слоя к слою поверхность валиков зачищалась металлической щеткой. Режимы аргонодуговой сварки приведены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры режима ручной многопроходной аргонодуговой сварки

Выполняемый шов	Ток дуги, А	Скорость сварки, м/ч	Расход аргона, л/мин
Корневой шов	255–270	3–5	16–18
Заполняющие валики	210–220	5–7	10–12

Перед сваркой осуществляли механическую зачистку свариваемых кромок с последующим обезжириванием путем протирки бязевыми салфетками, смоченными бензином.

Для ручной аргонодуговой сварки использовали присадочные проволоки диаметром 2,0 мм со скальпированной поверхностью, химический состав которых приведен в таблице 3.

Таблица 3

Химический состав присадочных проволок (ГОСТ 7871–2019)

Марка присадочной проволоки	Содержание легирующих элементов, %								
	Mn	Ti	Zr	V	Be	Fe	Si	Mg	Sc
СвАМг61	0,8–1,1	–	0,002–0,12	–	0,0001–0,0003	0,4	0,4	5,5–6,5	–
Св1575	0,3–0,7	0,01–0,06	0,18–0,25	≤0,01	0,004	0,02–0,15	0,01–0,1	5,5–6,1	0,20–0,28

Определение механических характеристик ($\sigma_в$, α,) сварных соединений проводили в соответствии с ГОСТ 6996-66. Предел кратковременной прочности при растяжении и угол статического изгиба определяли на установке Zwick/Roell Z030.

Для определения временного сопротивления металла шва испытывались специальные образцы с зачищенной заподлицо с поверхность основного металла швом и с уменьшенной шириной рабочей части образца до 6 мм за счет полукруглых выборок радиусом 5 мм.

Исследования макро- и микроструктуры проводили на оптическом микроскопе Leica DM IRM с программно-аппаратным комплексом обработки изображения «Image Expert Pro3x». Травление микрошлифов проводилось реактивом Келлера.

Макроструктура сварных соединений плит из сплава 1565чМ, выполненных многопроходной аргонодуговой сваркой, представлены на рис. 1. Здесь показана типичная структура многопроходного шва плит сплава 1565чМ, выполненного ручной аргонодуговой сваркой с V-образной разделкой кромок с притуплением 1,5 мм. При этом корневой шов выполнялся без присадки.

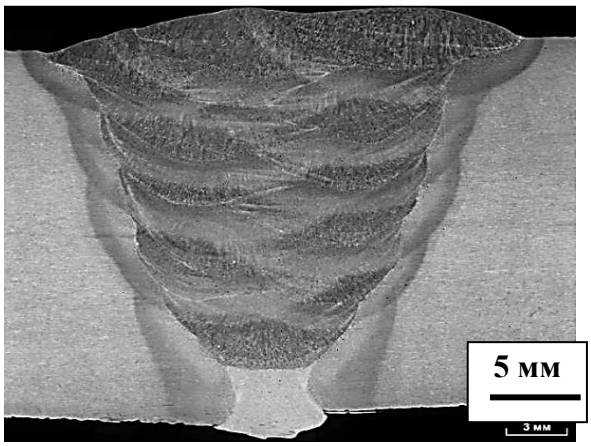


Рис. 1. Макроструктура сварных соединений плит сплава 1565ч толщиной 15 мм, выполненных ручной многопроходной аргонодуговой сваркой

В макроструктуре отчетливо проявляются валики от отдельных проходов и зоны термического влияния как отдельных проходов, так и всего сварного соединения в целом.

В таблице 4 приведены механические свойства соединений плит сплава 1565чМ, полученных сваркой трением с перемешиванием и ручной многопроходной аргонодуговой сваркой с присадочной проволокой.

Таблица 4

Прочностные характеристики сварных соединений плит толщиной 15 мм из сплава 1565чМ

Вид сварки	Присадочная проволока	Временное сопротивление сварного соединения, МПа	Коэффициент прочности сварного соединения	Временное сопротивление металла шва, МПа
Ручная аргонодуговая многопроходная сварка	СвАМг61	332–359 349	0,96	225–251 236
	Св1575	335–360 350	0,97	290–296 291

Анализ данных таблицы 4 показывает, что временное сопротивление сварных соединений, многопроходной аргонодуговой сваркой с присадочной проволокой, находится на уровне 0,96–0,98 и мало зависит от применяемой присадочной проволоки.

Разрушение сварных соединений? выполненных АрДС и СТП при испытании на статическое растяжение происходило по зоне термического влияния.

Временное сопротивление металла шва при многопроходной ручной аргонодуговой сварке существенно зависит от марки применяемой присадочной проволоки. Так при использовании присадочной проволоки СвАМг61 временное сопротивление металла шва составило 236 МПа. Для случая применения присадочной проволоки Св1575, легированной скандием, наблюдается существенный рост временного сопротивления металла шва до 291 МПа.

При высоких прочностных свойствах соединения плит сплава 1565чМ характеризуются достаточно высокими пластическими свойствами. Результаты испытаний соединений на угол изгиба и ударную вязкость представлены в таблице 5.

Таблица 5

Характеристики пластичности сварных соединений плит толщиной 15 мм из сплава 1565чМ

Вид сварки	Присадочная проволока	Угол изгиба, град (R = 5 мм)*	Ударная вязкость, *KCU*, Дж/см^2
Ручная аргонодуговая многопроходная сварка	СвАМг61	47–53 50	29–42 37
	Св1575	75–108 93	43–48 45

Следует обратить внимание на то, что при многопроходной ручной аргонодуговой сварке применение легирования скандием присадочной проволоки (проволока Св1575) позволяет по сравнению с присадочной проволокой СвАМг61 наблюдается увеличение угла изгиба соединения с 50 до 93 градусов.

Для ударной вязкости металла шва сохраняется та же тенденция, которая присуща изменению значения угла изгиба при изменении применяемой присадочной проволоки.

Ранее было установлено, что разрушение образцов сварных соединений при статическом растяжении происходит по зоне термического влияния. Поэтом протяженность зоны термического влияния, которая определяется температурой нагрева металла при сварке и длительностью пребывания при повышенной температуре, будет во многом определять временное сопротивление сварного соединения в целом.

Анализ полученных данных позволяет заключить, что при ручной многопроходной аргонодуговой сварке плит сплава 1565чМ протяженность зоны термического влияния составила 22–24 мм на сторону от границы шва.

Было также исследовано влияние отжига сварных соединений плит сплава 1565чМ при 300 °С в течение 2 часов на твердость металла шва. Полученные результаты измерения твердости по Роквеллу приведены в таблице 6.

Таблица 6

Влияние отжига при 300 °С, 2 часа на твердость металла шва плит 15 мм из сплава 1565чМ

Способ сварки	Твердость по Роквеллу	
	После сварки	После отжига
Ручная аргонодуговая многопроходная сварка, присадочная проволока СвАМг61	47–53 50	43–52 46
Ручная аргонодуговая многопроходная сварка, присадочная проволока Св1575	57–65 62	54–60 58

Микроструктура металла шва при многопроходной аргонодуговой сварке плит сплава 1565чМ с различными проволоками представлена на рисунке 2.

Анализ представленных на рисунке 2, *а* микроструктур металла шва показывает, что в корневой части соединения, выполненного без присадочной проволоки наблюдается формирование зерен твердого раствора. В центральной части шва при использовании присадочной проволоки Св1575 формируется мелкая структура с непрерывными эвтектическими выделениями по границам дендритных ячеек.

Анализ представленных на рисунке 2, *а* микроструктур металла шва показывает, что в корневой части соединения, выполненного без присадочной проволоки наблюдается формирование зерен твердого раствора. В центральной части шва при использовании присадочной проволоки Св1575 формируется мелкая структура с непрерывными эвтектическими выделениями по границам дендритных ячеек.

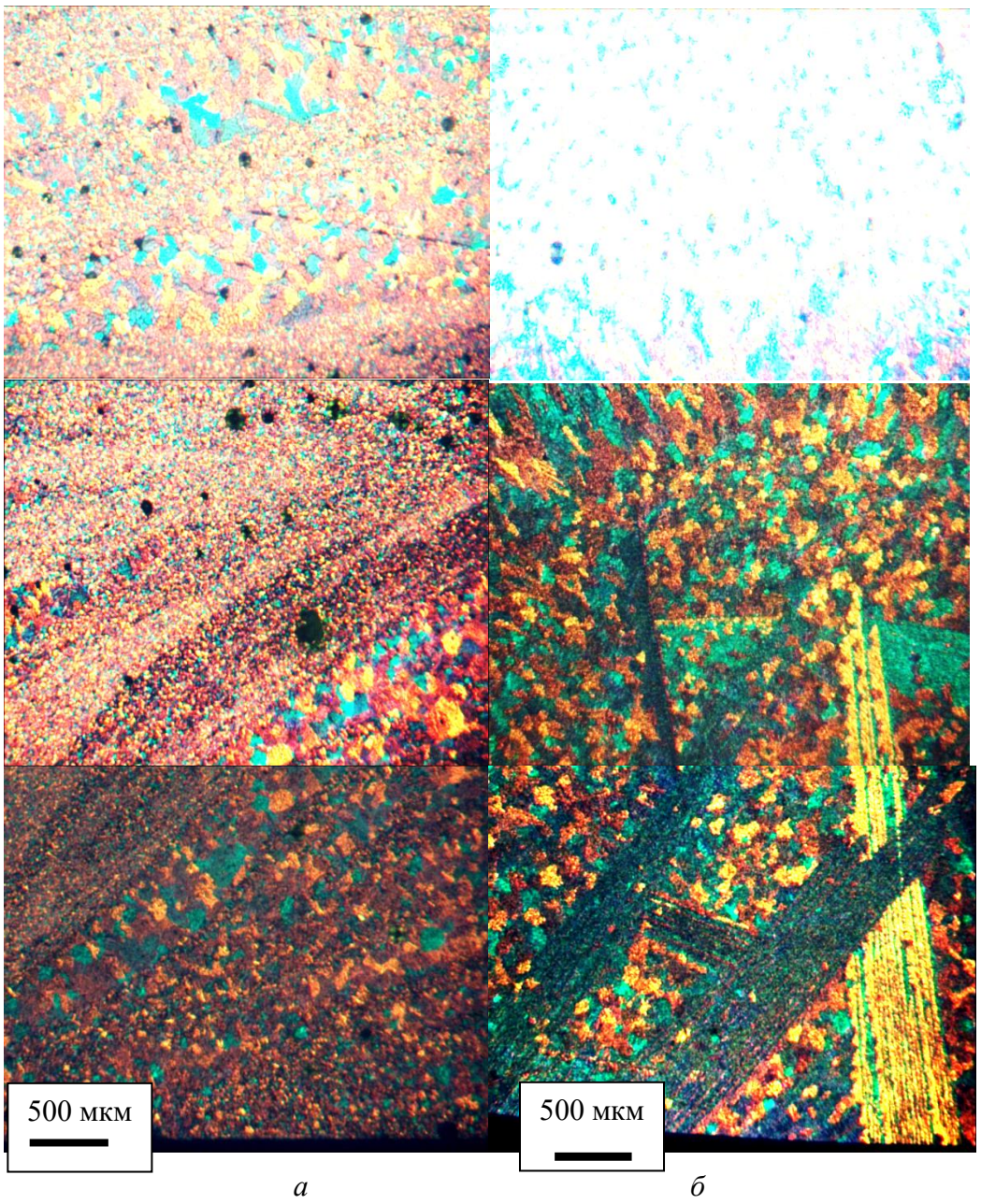


Рис. 2. Микроструктура сварного шва, выполненного многопроходной ручной аргонодуговой сваркой с присадочной проволокой Св1575 (а) и СвАМг61 (б)

В верхней части металла шва наблюдается смешанная структура, состоящая из мелких зерен с отдельными областями зерен более крупного размера, что явилось следствием неравномерности в распределении скандия в завершающем валике шва.

Микроструктура сварного шва плиты сплава 1565чМ, выполненного ручной многопроходной сваркой с присадочной проволокой СвАМг61, состоит из столбчатых с признаками веерной структуры и равноосных зерен, характерной для алюминиево-магниевых сплавов в литом состоянии. При этом в центральной части шва формируются равноосные зерна размером около 30 мкм (рис. 2, *б*).

В результате проведенных экспериментов установлено, что:

1. При испытаниях сварных соединений плит сплава 1565чМ, выполненных многопроходной ручной аргонодуговой сваркой, разрушение образцов наблюдалось по зоне термического влияния. Коэффициент прочности соединений, выполненных ручной аргонодуговой сваркой, составил 0,96.

2. Использование при многопроходной ручной аргонодуговой сварки присадочной проволоки Св1575, легированной скандием, позволяет повысить временное сопротивление металла шва на 23-25% по сравнению с проволокой СвАМг61. При этом значение угла изгиба возросло на 45%, а ударная вязкость на 20%.

Список литературы

1. Филатов Ю.А. Промышленные сплавы на основе системы Al–Mg–Sc // Технология легких сплавов. 1996. № 3. С. 30–35.

2. Дриц М.Е., Быков Ю.Г., Торопова Л.С. Влияние дисперсности фазы Al_3Sc на упрочнение сплава Al–6,3%Mg–0,2%Sc. // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1985. – №4. – С.48–50.

3. Лукин В.И.Sc – перспективный легирующий элемент для присадочных материалов. // Сварочное производство. 1995. №6. С.3–6.

Антипин Я.А.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
yaroslav.lav.lav@yandex.ru
Ромашов Н.С.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
divannikola.10@gmail.com
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
Московский политехнический университет
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

НЕЙРОСЕТИ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

Аннотация. Статья "Нейросети в материаловедении" исследует применение искусственного интеллекта (ИИ) и нейронных сетей в области материаловедения. В ней представлен концепт разработки узкоспециализированной нейросети, способной работать с различными входными данными, такими как механические свойства, способ получения и состав сплава.

Статья начинается с обзора теории машинного обучения и нейронных сетей, а также их применения в материаловедении. В работе подчеркивается актуальность и перспективность использования ИИ в промышленности и материаловедении, особенно в контексте быстрого развития информационных технологий.

Также в работе описываются итоги исследовательского проекта, также отмечается, что на данный момент имеется рабочий концепт нейронной сети на ранних этапах, с конкретной архитектурой работы и реальными данными обучения.

Ключевые слова: искусственный, интеллект, нейросеть, материаловедение, сплавы.

Antipin Ya.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow,
yaroslav.lav.lav@yandex.ru
Romashov N.S.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow,
divannikola.10@gmail.com
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

NEURAL NETWORKS IN MATERIALS SCIENCE

Abstract. The article "Neural Networks in Materials Science" explores the application of artificial intelligence (AI) and neural networks in the field of materials science. It presents the concept of developing a highly specialized neural network capable of working with various input data, such as mechanical properties, production method and alloy composition.

The article begins with an overview of the theory of machine learning and neural networks, as well as their applications in materials science. The work highlights the relevance and promise of using AI in industry and materials science, especially in the context of the rapid development of information technology.

The paper also describes the results of the research project, and also notes that at the moment there is a working concept of a neural network in the early stages, with a specific work architecture and real training data.

Keywords: artificial, intelligence, neural network, materials science, alloys.

Искусственные нейронные сети (ИНС) и другие методы машинного обучения широко используются в информационных технологиях, но в области инженерии и материаловедения они применяются гораздо реже. Это во многом обусловлено сложностью быстрой реализации ИНС в доступных программных пакетах, недостаточным объемом и надежностью экспериментальных данных для обучения, а также большим разнообразием типов сетей и методов их обучения, что затрудняет выбор подходящей модели.

Данная статья позволит продемонстрировать начинающим или опытным исследователям ход разработок в сфере искусственного интеллекта в отрасли материаловедения, а также повысить интерес к данной технологии в промышленном производстве.

Искусственный интеллект в наши дни развивается семимильными шагами. Данный инструмент проникает во все сферы деятельности человека: от текстовых чат-ботов и до беспилотного транспорта.

По данным Statista, в 2023 году прирост голосовых помощников относительно 2019 составил почти 60%.

Эти данные показывают нам современные тенденции рынка технологий, а также огромную заинтересованность и необходимость в нейросетях по всему миру среди различных пользователей.

Изучив данные аспекты было принято решение о разработке промышленного искусственного интеллекта, который будет носить узкоспециализированную тематику, а именно помощь материаловедам.

На момент публикации статьи мы продолжаем развивать наши наработки и готовимся к внедрению новых методов обработки информации и обучения нейросетевых моделей.

Основа работы – создание искусственного интеллекта по различным направлениям материаловедения.

На данный момент уже существуют некоторые проекты, которые используют искусственный интеллект для развития материаловедения, но все это крайне работает с ограниченными данными (например, выдают только данные по ударной вязкости сплавов) и только для конкретных материалов.

Наше ключевое отличие от других – нейросеть, которая сможет работать с разными входными данными. Мы работаем с тремя типами: механические свойства, способ получения, состав сплава. Пользователь может задать компоненты сплава и технику его обработки, а искусственный интеллект выдаст его механические свойства. И наоборот, входные и выходные данные можно комбинировать в любой последовательности. Таким образом, наша нейросеть превосходит остальные по функционалу и возможностям.

Помимо всего вышеперечисленного задуманный искусственный интеллект сможет моделировать механические свойства, а также процесс получения сплавов на основе двухкомпонентных систем, которые еще никогда не производились в мире.

Далее, на базе построенной модели можно будет расширять возможности: добавлять композиты, клеи, бумаги и фольги. Таким образом получиться загрузить в нейросетевую модель огромную базу знаний, в следствии чего она будет работать с огромным количеством материалов.

Данная разработка является перспективной и востребованной, так как затрагивает весомые отрасли (информационные технологии и промышленность), которые сейчас являются одними из основных для развития.

На данный момент отсутствует единое определение для термина "машинное обучение". Однако большинство исследователей сходятся в том, что машинное обучение – это наука, которая изучает, как искусственный интеллект (ИИ) может учиться и действовать подобно человеку, а также как он может постоянно совершенствовать свои навыки и знания на основе предоставленных данных о реальном мире.

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – это математическая модель, а также ее программная или аппаратная реализация, которая основана на принципах организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живых организмов. ИНС является одним из видов машинного обучения.

Изначально компьютеры использовались для решения задач с известными алгоритмами. Однако в последние годы стало понятно, что компьютеры могут находить способы решения задач, для которых алгоритмы неизвестны или не существуют. Это привело к развитию искусственного интеллекта в широком смысле и технологий машинного обучения, включая глубокое обучение.

С помощью машинного обучения ИИ может анализировать данные, запоминать информацию, строить прогнозы, воспроизводить готовые модели и выбирать наиболее подходящий вариант из предложенных. Эти системы особенно полезны в сферах, где необходимо выполнить большой объем вычислений, таких как банковский скоринг, маркетинговые и статистические исследования, бизнес-планирование, демографические исследования, инвестиции, поиск фейковых новостей и мошеннических сайтов, а также в материаловедении, где от каждого элемента и его концентрации в сплаве зависят итоговые характеристики материала.

Процесс машинного обучения включает в себя большое количество однотипных задач, в которых известны условия и правильные ответы или один из возможных ответов. Модель машинного обучения, например, глубокая нейронная сеть, работает как "черный ящик", принимая на вход условие задачи и выдавая произвольный ответ. У "черного ящика" есть дополнительные параметры, которые влияют на обработку входного сигнала.

Процесс обучения нейросети заключается в поиске таких значений параметров, при которых она будет выдавать ответ, максимально близкий к правильному. Когда параметры настроены правильно, нейросеть сможет правильно (или максимально близко к этому) решать и другие задачи того же типа, даже если она никогда не сталкивалась с этими задачами.

Нейросетевые методы обработки данных имеют ряд качественных особенностей, которые особенно важны в материаловедческой сфере. Вот некоторые из них:

- Решение задач при неизвестных закономерностях. Используя способность обучения на множестве примеров, нейронная сеть способна решать задачи, в которых неизвестны закономерности развития ситуации и зависимости между входными и выходными данными. Теорема универсальности

гласит, что нейросеть с одним скрытым слоем способна аппроксимировать любую функцию с любой точностью при достаточном количестве нейронов скрытого слоя. Увеличение количества слоев улучшает точность аппроксимации. Примером применения такого метода в материаловедении может быть определение характеристики жаростойкого материала на основе данных о составе и технологических факторах, где влияние каждого фактора на прочность неизвестно.

- Адаптирование к изменениям окружающей среды. Нейронные сети обладают способностью адаптироваться к изменениям окружающей среды. В частности, нейронные сети, обученные работать в определенных условиях, могут быть легко переобучены для работы в условиях незначительных колебаний параметров среды. Более того, для работы в нестационарной среде (где статистика изменяется с течением времени) могут быть созданы нейронные сети, способные обучаться в реальном времени. Чем выше адаптивные способности системы, тем более устойчивой будет ее работа в нестационарной среде. Однако стоит отметить, что адаптивность не всегда ведет к устойчивости; иногда она может привести к совершенно противоположному результату. Например, адаптивная система с быстро изменяющимися параметрами может быстро реагировать на посторонние возмущения, что может привести к потере производительности. Для того чтобы использовать все преимущества адаптивности, основные параметры системы должны быть достаточно стабильными, чтобы не учитывать внешние помехи, и достаточно гибкими, чтобы обеспечить реакцию на существенные изменения среды. Например, если в ходе исследования взаимосвязи прочности жаростойкого сплава с предполагаемыми факторами выясняется, что появляются дополнительные не учтенные ранее причины (например, влияет теплофизика), то есть возможность дообучить нейросеть.

- Потенциальное быстродействие. Процесс обучения нейросети на большом массиве данных может занять много времени. Однако обученная нейросеть обладает потенциальным сверхвысоким быстродействием за счет использования массового параллелизма обработки информации и способна с высокой скоростью решать поставленные задачи, например, оперативного определения категории технического состояния конструкций. Это особенно важно в инженерных и материаловедческих задачах, где необходимо быстро анализировать большие объемы данных и принимать решения на основе полученных результатов.

- Учет "совокупности" факторов. Нейросеть способна учесть зависимость влияния каждого входного параметра на выходной результат от совокупности влияния остальных параметров, когда при обычной оценке эти влияния могут казаться независимыми. Иными словами, она может учесть влияние входных параметров друг на друга и учесть это влияние в своей работе. Это особенно важно в материаловедении, где свойства материалов зависят от множества факторов, таких как состав, структура, технологические условия и т. д., и эти факторы могут взаимодействовать между собой, что

делает прогнозирование свойств материалов сложной задачей. Нейросети могут эффективно учитывать эти взаимодействия и предсказывать свойства материалов с высокой точностью.

Таким образом, нейросети и машинное обучение имеют большой потенциал для применения в инженерных и материаловедческих задачах, позволяя решать сложные задачи, учитывать множество факторов и прогнозировать свойства материалов с высокой точностью. Однако для успешного применения этих методов необходимо учитывать их особенности и ограничения, а также обеспечивать достаточное количество качественных данных для обучения моделей.

Уже почти полгода мы занимаемся развитием искусственного интеллекта. За это время мы добились видимых результатов, а именно 8,1% достоверности выдаваемых нейросетью данных. На данный момент обучение и развитие нейросети активно продолжается.

Работу нашей нейросети можно описать тремя этапами:

1 этап – формовка и получение информации для нейросети.

На текущий момент – работа с графиками (В процессе развития будут добавляться другие виды ввода информации для обучения). Скрипт автоматически понимает, где начинается график, а далее получает данные в формате XYZ, где XY – положения, а Z – значение области. Работает на базе компьютерного зрения OpenCV. Планируется обучение на сетях Хопфилда.

2 этап – внесение в нейросеть информации о существующих сплавах и их характеристиках. На данную информацию нейросеть опирается для составления "весов" информации. При поступлении задачи по выявлению конечных характеристик неизвестного ранее сплава, нейросеть, ориентируясь на ранее полученные веса, пытается воспроизвести наиболее вероятный результат. На текущий момент система наиболее приближена по своей технический визуализации к "треугольнику Паскаля" и выдает валидные целочисленные последовательности. На начальных этапах удалось обучить нейросеть 120 сплавам, взятым из открытых источников. В ходе 9211 итераций обучения достигнута конечная точность ответа в 8.1%

3 этап – мы получаем конечную информацию о сплаве от нейросети.

Это означает, что мы получаем не только основные данные о составе сплава и его свойствах, но и более детальную информацию, которая может быть представлена как текстовым описанием, так и графическими данными, такими как диаграммы или графики.

Однако на данном этапе мы не просто получаем эти данные и используем их как есть. Вместо этого мы получаем веса – числовые коэффициенты, которые представляют собой параметры нейросети, и которые позволяют оценить точность или сходимость полученных данных. Эти веса затем анализируются для того, чтобы убедиться в том, что информация, предоставленная нейросетью, является надежной и соответствует требуемым стандартам или критериям.

Кратко говоря, у нас есть два набора постоянных весов, а также нейрон смещения, обозначаемый как индекс N и единичный индекс. Мы проходим через все возможные значения, сравниваем их с предыдущими результатами. Затем окончательные смещения после завершения всех операций сравниваются с ранее известными смещениями по известному сплаву. Конечный результат – это алгебраическая разница между результатами, позволяющая определить степень согласованности, независимо от направления.

Таким образом, на данный момент мы имеем рабочий концепт нейронной сети на ранних этапах. Имеется конкретная архитектура работы нейросети и реальные данные ее обучения, основанные на итоговой точности модели.

В данной статье рассматривается применение искусственного интеллекта и нейронных сетей в области материаловедения. Была описана разработка и обучение нейросети, которая способна анализировать данные о составе и свойствах сплавов, а также предсказывать их характеристики.

Статья подчеркивает актуальность использования искусственного интеллекта в материаловедении, так как это позволяет решать сложные задачи, учитывать множество факторов и прогнозировать свойства материалов с высокой точностью. Однако для успешного применения этих методов необходимо учитывать их особенности и ограничения, а также обеспечивать достаточное количество качественных данных для обучения моделей.

Также было отмечено, что на данный момент имеется рабочий концепт нейронной сети на ранних этапах, и она продолжает активно развиваться.

В целом, статья демонстрирует потенциал использования искусственного интеллекта и нейронных сетей в материаловедении и подчеркивает необходимость дальнейших исследований и разработок в этой области.

Список литературы

1. Тягунов, А. Г., Мильдер, О. Б., Тарасов, Д. А., Сергеев, А. П., Применение искусственных нейронных сетей в материаловедении : учебное пособие / Колмогоров, Ю. Н. Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2021. – 68 с.

2. Колобков А. С., Гуляев И. Н. Разработка полимерных композиционных материалов с применением искусственного интеллекта/ Колобков А. С., Гуляев И. Н. Текст: электронный // QRZ.RU: Композитный мир [сайт]. URL: https://compositeworld.ru/articles/tech/id64fed7044e6d820013864e4b (дата обращения:04.05.2024).

Малютин К.В.
аспирант
Московский политехнический университет
Россия, Москва
akitolov@bk.ru
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
Московский политехнический университет
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЛАЗЕРНОЙ ПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ СТАЛИ 08Х14Н5М2ДЛ НА ФОРМИРОВАНИЕ НАНЕСЕННЫХ ВАЛИКОВ

Аннотация. Представлены результаты исследования влияния основных параметров лазерной порошковой наплавки стали 08Х14Н5М2ДЛ на размеры нанесенных валиков. В качестве параметров нанесенных валиков служили ширина валика (L), высота валика (H), глубина проплавления подложки (h), величина зоны термического влияния (ЗТВ), угол смачивания валика (α), площадь сечения покрытия (Ac) и площадь сечения проплавленной части подложки (Am). Определены рациональные значения параметров процесса, которые обеспечивают минимальное проплавление подложки при формировании высоты наплавленного валика на уровне 3.2–3,5 мм. Анализ наплавленных валиков показал отсутствие дефектов как в них самих, так и в материале подложки.

Ключевые слова: лазерная наплавка, порошковая наплавка, сталь 08Х14Н5М2ДЛ, параметры процесса, размеры наплавленного валика, микротвердость.

Malyutin K.V.
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
akitolov@bk.ru
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE MAIN PARAMETERS OF THE PROCESS OF LASER POWDER SURFACING OF STEEL 08X14H5M2ДЛ ON THE FORMATION OF APPLIED ROLLERS

Abstract. The results of the study of the influence of the main parameters of laser powder surfacing of steel 08X14H5M2ДЛ on the dimensions of the applied rollers are presented. The parameters of the applied rollers were the width of the roller (L), the height of the roller (H), the depth of penetration of the substrate (h), the value of the zone of thermal influence (ZTV), the angle of wetting of the roller (α), the cross-sectional area of the coating (Ac) and the cross-sectional area of the molten part of the substrate (Am). Rational values of process parameters

are determined, which provide minimal penetration of the substrate during the formation of the height of the deposited roller at the level of 3.2–3.5 mm. Analysis of the welded rollers showed the absence of defects both in themselves and in the substrate material.

Keywords: laser surfacing, powder surfacing, steel 08Х14Н5М2ДЛ, process parameters, dimensions of the deposited roller, microhardness.

Технология наплавки известный способ повышения износостойкости изделий и повышения их ресурса работы. При изготовлении ряда конструкций из стали 08Х14Н5М2ДЛ (ВНЛ-3), работающих в условиях трения при высокой температуре нагрева до 900–1100 ºС и значительных нагрузок, применяется износостойкая наплавка из сплава на основе кобальта Х25Н10В8 [1–3].

Сталь 08Х14Н5М2ДЛ относится к сталям мартенситного класса. Стали мартенситного класса в условиях сварочного термического цикла в околошовных участках закаливаются на мартенсит с высокой твердостью и низкой деформационной способностью. В результате деформаций, сопровождающих сварку, а также длительного действия высоких остаточных и структурных напряжений, имеющихся в сварных соединениях в исходном состоянии после сварки, в таком металле возможно образование холодных трещин. Они образуются на последней стадии непрерывного охлаждения или при выдержке металла при комнатной температуре.

Для улучшения структуры и свойств необходимо осуществлять высокий отпуск. Структура после отпуска характеризуется сорбитом отпуска, с тем или иным количеством свободного феррита. Лучшие свойства достигаются при полном или почти отсутствии в структуре свободного феррита.

Наилучшие свойства могут быть получены, когда после наплавки с температур сопутствующего подогрева производят «подстуживание» примерно до 100 °С, выдержку при этой температуре в течение 2 ч (для завершения распада аустенит-мартенсит, без образования трещин) и посадку в печь для термической обработки всего изделия.

Предварительный и сопутствующий сварке подогрев обычно предотвращает образование трещин. Для хромистых сталей мартенситно-ферритных классов, как правило, рекомендуется общий подогрев до 200–450 °С. Температура подогрева назначается большей с увеличением склонности к закалке и жесткости изделия. При любом сопутствующем подогреве опасно охлаждение ветром, так как при этом усиливается вероятность появления трещин.

Технологический процесс ручной аргонодуговой наплавки износостойких слоев на массивные детали из стали 08Х14Н5М2ДЛ характеризуется высоким уровнем брака (до 45–48%) по причине образования неустранимых дефектов как в наплавленном слое, так и в подложке. Кроме того, необходимость применения сопутствующего подогрева наплавляемой детали до высоких температур существенно ухудшает условия работы сварщиков.

Для решения данной проблемы весьма перспективным выглядит применение лазерной порошковой наплавки. Способы подачи присадочных материалов в зону лазерной наплавки можно разделить на две основные группы [4–10]. Первая – это предварительное нанесение присадочных материалов на обрабатываемую поверхность, вторая – подача материалов непосредственно в зону обработки одновременно с воздействием лазерного излучения. Наиболее распространен способ предварительного нанесения покрытий с помощью шликерных обмазок.

Способ отличается большим КПД благодаря высокой поглощательной способности, обусловленной наличием связующего вещества и высоким коэффициентом использования присадочного материала. Применение шликерного покрытия подразумевает проведение операции предварительного нанесения присадочного материала, которая обычно не механизирована и выполняется с использованием шпателя или других инструментов вручную.

Однако способ подачи присадочного материала путем его принудительной транспортировки непосредственно в ванну расплава материала подложки (газопорошковая наплавка), благодаря автоматизации процесса, обладает высокой воспроизводимостью.

Поэтому целью данной работы являлось определение влияния основных параметров процесса газопорошковой наплавки на размеры и конфигурацию наплавленного валика. При этом в качестве базового значения высоты наплавленного слоя исходя из технических требований к наплавляемому изделию было выбрано значение 3,2 –3,5 мм.

Методика проведения исследования

В качестве подложки были использованы плоские образцы из стали 08Х14Н5М2ДЛ размерами 100х200 мм и толщиной 30 мм.

Химический состав стали 08Х14Н5М2ДЛ представлен в таблице 1, механические свойства данной стали – в таблице 2.

Таблица 1

Химический состав стали 08Х14Н5М2ДЛ, в мас. %

Содержание легирующих элементов, масс. %													
C	S	P	Mn	Cr	W	V	Ti	Si	Ni	Nb	N	Mo	Cu
0,08	0,03	0,03	1,0	13,0–14,0	0,2	0,05	0,05	0,70	4,5–5.5	0,1	0,05	1,5–2,0	1,2–1,75

Таблица 2

Механические свойства стали 08Х14Н5М2ДЛ

$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ_5, %	ψ, %	НВ
1226	883	12	35	311–415

Химический состав наплавляемого порошка по основным компонентам приведен в таблице 3.

Таблица 3

Химический состав наплавляемого порошка по основным компонентам

Сплав	Содержание легирующих элементов, мас. %								
	Fe	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Co
Х25Н10В8	Ост.	0,08–0,10	0,8–1,3	0,3–0,45	9,0–10,0	До 0,07	До 0,03	23–25	7,5–8,0

Сплавы на основе кобальта – это наиболее известные и широко применяемые сплавы с самыми «универсальными» свойствами. Износостойкие кобальтовые сплавы относятся к системе Co-Cr-W, причем содержание хрома в сплавах этой группы является наибольшим по сравнению с другими, так как он имеет ключевое значение в образовании карбидов с различным соотношением Cr/C.

Кобальтовые сплавы обладают высокой сопротивляемостью к таким видам износа, как абразивный, износ при трении скольжения и эрозийный износ.

Ввиду содержания в кобальтовых сплавах большого количества легирующих элементов (>35%), наличия тугоплавких элементов и образования сложных карбидов создание покрытий из этих сплавов сопровождается рядом трудностей. Возникновение трещин в процессе наплавки, высокое содержание основного материала детали в покрытии, неоднозначность поведения покрытий при различных температурах из-за изменения атомной структуры кобальта – все это порой перекрывает преимущества кобальтовых сплавов.

Использование лазерной газопорошковой наплавки позволит наносить покрытия из кобальтового сплава не только с сохранением свойств исходного наносимого материала, но и улучшить его свойства за счет больших скоростей охлаждения, а также обеспечить гибкость процесса.

В данной работе для нанесения покрытий был использован порошок из сплава Х25Н10В8 дисперсностью 60–95 мкм.

Эксперименты по нанесению покрытий методом широкополосной коаксиальной лазерной наплавки проводили на специально созданном технологическом комплексе. Основными элементами стенда являются: промышленный робот ABBIRB 2400, волоконный лазер ЛС-4-К, оптическая головка, газовая панель и питатель для подачи порошка.

Использование промышленного робота позволяет наносить покрытия на изделия сложной формы в различных пространственных положениях.

Многомодовые волоконные лазеры оказываются вне конкуренции для лазерной наплавки. Длина волны иттербиевого волоконного лазера составляет 1,07 мкм, что обеспечивает более эффективное взаимодействие излучения с металлами, чем излучения CO_2 лазеров (10,6 мкм).

Рабочим инструментом при лазерной обработке является оптическая головка. В данном комплексе использовалась наплавочная головка с фокусным расстоянием 270 мм. Данная головка характеризуется высокой стабильностью выходных оптических характеристик.

Диапазоны варьирования основных параметров лазерной порошковой наплавки представлены в таблице 4.

Таблица 4

Диапазоны варьирования основных параметров лазерной порошковой наплавки

Параметры	Минимальная величина	Максимальная величина	Шаг изменения параметра
Мощность (P), Вт	2200	2800	300
Скорость (V), мм/с	8,0	14,0	3,0
Расход порошка (F), г/мин	2,0	18,0	2,0

Подача порошка к месту обработки осуществляется специальным соплом с системой шлангов и каналов, по которым порошок вместе с защитным газом аргоном попадает в зону переплава в месте с лазерным лучом. В технологическую головку и сопло наплавочный порошок подаётся принудительно под давлением аргона из специального питателя. Порошковые питатели предназначены для точной дозированной подачи металлических, керамических, металлополимерных порошковых материалов с фракционным составом от 10 до 200 мкм в лазерную наплавочную головку.

Конструкция порошкового питателя представляет собой передвижной базовый блок, на котором размещается одна или несколько порошковых колб. Управляющее устройство и электрические приводы порошковых колб находятся внутри базового блока.

Для исследования макроструктуры и определения геометрических параметров полученных покрытий изготавливали образцы с наплавкой одного валика на различных оптимизированных режимах. На этих пластинах проводили внешний осмотр для выявления наружных дефектов типа трещин, пор, включений, несплавлений и так далее. Для этой цели использовали инструментальный микроскоп с увеличением x4 – x7.

Для проведения измерений геометрических размеров рассматривалось поперечное сечение наплавленного валика (рисунок 1). Основные характеристики валика: ширина валика (L), высота валика (H), глубина проплавления подложки (h), величина зоны термического влияния (ЗТВ), угол смачивания валика (α), площадь сечения покрытия (A_c) и площадь сечения проплавленной части подложки (A_m).

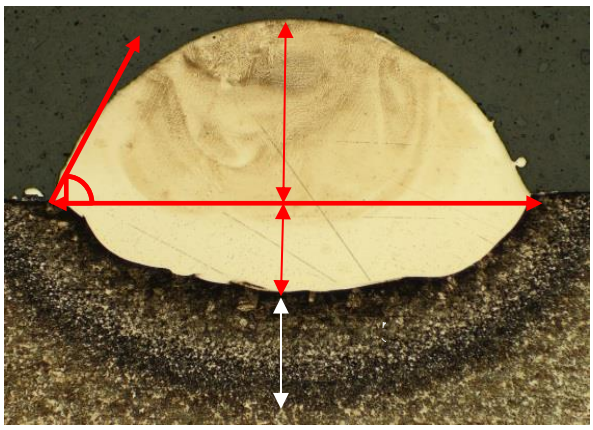


Рис. 1. Основные геометрические параметры наплавленного валика: ширина валика (L), высота валика (H), глубина проплавления подложки (h), величина зоны термического влияния (ЗТВ), угол смачивания валика (α), площадь сечения покрытия (A_c) и площадь сечения проплавленной части подложки (A_m).

Травление шлифов производят реактивы, которые выявляют границы или окрашивают фазы в разные цвета или тона. Для травления всех шлифов применятся раствор Марбле.

Исследование микроструктуры поверхностного валика шлифов проводили при увеличении х250 и х500. Для исследования микроструктуры наплавленного валика применялся оптический инверсионный микроскоп Olympus GX-51 с увеличением 50–1000 крат.

Измерение микротвердости в направлении перпендикулярном поверхности подложки, на которую нанесено покрытие, выполняли на микротвердомере Dura Scan 20. Прибор автоматически производит измерения твердости приповерхностного слоя образцов с максимальной нагрузкой 98 Н. Обработка измерений осуществляется автоматически по программе Ecos Workflow.

Результаты экспериментов и их обсуждение

Оценку влияния основных параметров лазерной порошковой наплавки на геометрические размеры нанесенных валиков на сталь 08Х14Н5М2ДЛ осуществляли исходя из соображений:

– высота наплавленного слоя должна быть в пределах 3,2–3,8 мм;

– в наплавленном валике и в материале подложки должны отсутствовать дефекты в виде пор, полостей и трещин;

– коэффициент перемешивания наплавленного металла и металла подложки должен быть минимальным, так как чрезмерное смешивание изменяет физико-механические характеристики наплавленного валика.

В тоже время следует отметить, что для хорошего сплавления нанесенного валика и подложки необходимо обеспечить прочную металлическую связь. Такая связь подразумевает существование межатомной связи между валиком и подложкой по всей ширине валика без расслоения и пористости.

Допустимый коэффициент перемешивания составляет 0,1–0,4 согласно предварительным экспериментальным данным и анализу полученных образцов. Этот диапазон обеспечивает прочную металлическую связь по всей ширине слоя с наименее возможной глубиной проплавления материала подложки.

Другим важным критерием является условие, при котором высота наплавленного валика H должна быть примерно в диапазоне $(0{,}32–0{,}50)L$. Проведенные предварительные эксперименты показали, что у наплавленных валиков, отвечающих этому соотношению, однородность по всей толщине с минимальной вероятностью возникновения пористости из-за перекрытия соседних валиков.

Для исследования влияния технологических параметров процесса лазерной порошковой наплавки, важных для формирования качественной геометрии наплавленных валиков, был выбран подход, при котором один из параметров изменяется, в то время как другие параметры сохраняются неизменными.

Для экспериментов были выбраны три параметра: мощность лазерного излучения P (Вт), скорость наплавки V (мм/мин) и расход порошка F (г/мин).

В первом случае была зафиксирована мощность лазерного излучения на уровне 2500 Вт и расход порошка 8 г/мин, а изменялась только скорость наплавки V (мм/мин). Было получено 5 валиков, геометрические характеристики которых представлены в таблице 5.

Таблица 5

Параметры процесса и геометрические характеристики наплавленного валика

Постоянные параметры	Мощность излучения P = 2500 Вт Расход порошка F = 8 г/мин	Геометрические параметры наплавленного валика					
Номер валика	Переменные параметры: скорость наплавки V, мм/с	L, мм	H, мм	h, мм	A_c, мм^2	Зона термического влияния (ЗТВ)	D
1	8	3,47	3,21	0,08	3,61	0,53	0,05
2	9,5	3,12	2,32	0,18	3,07	0,50	0,13
3	11	2,98	1,77	0,27	3,23	0,52	0,29
4	12,5	2,73	1,63	0,22	3,19	0,45	0,35
5	14	2,36	1,46	0,17	3,41	0,49	0,52

С увеличением скорости наплавки на единицу длины наносимого валика приходится меньшее количество наносимого порошка и доля лучистой энергии. Высота валика уменьшается при примерно постоянной его ширине. С увеличением скорости наплавки наблюдается снижение количества вводимой энергии, направленной на расплавление материала подложки. Поэтому с увеличением скорости наплавки наблюдается уменьшение ширины наплавленного валика (рисунок 2).

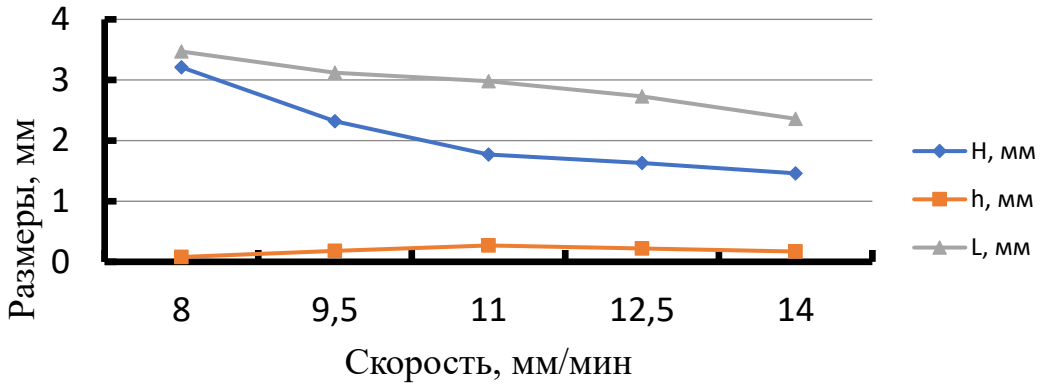


Рис. 2. Зависимость высоты, ширины валика и глубины проплавления от скорости наплавки

Эксперименты показали, что с увеличением скорости наплавки соотношение между высотой и шириной наплавленного валика стабилизируется.

Можно отметить, что увеличение скорости наплавки способствует повышению значения коэффициента перемешивания. Это можно объяснить снижением количества порошка, приходящегося на единицу длины наплавленного валика.

Из данных таблицы 5 можно заключить, что при значении скорости наплавки порядка 9,5–11,0 мм/с при постоянной мощности излучения P = 2500 Вт и расходе порошка F = 8 г/мин можно получить валики с требуемыми характеристиками. Эти параметры можно использовать в качестве базовых при дальнейших исследованиях.

Во второй серии экспериментов производилось варьирование мощности излучения в диапазоне 2200–2800 Вт, а скорость наплавки (V = 11 мм/с) и расход порошка (F = 8 г/мин) оставались постоянными. Результаты измерения геометрических параметров наплавленных валиков представлены в таблице 6.

Таблица 6

Параметры процесса и геометрические характеристики наплавленного валика при варьировании мощности излучения лазера

Постоянные параметры	Скорость наплавки V = 11,0 мм/с Расход порошка F = 8 г/мин	Геометрические параметры наплавленного валика					
Номер валика	Переменные параметры: Мощность излучения P, Вт	L, мм	H, мм	h, мм	A_c, мм^2	Зона термического влияния (ЗТВ)	D
6	2200	1,25	1,09	0	1,69	0,38	0
7	2350	2,03	1,22	0,11	2,38	0,44	0,05
8	2500	2,98	1,77	0,27	3,23	0,52	0,31
9	2650	4,72	2,11	0,55	4,86	0,59	0,43
10	2800	6,38	2,49	0,74	6,39	0,62	0,29

Из графика на рисунке 3 следует, что высота наплавленного валика увеличивается при увеличении мощности лазерного излучения. Увеличение мощности лазерного излучения также вызывает увеличение глубины проплавления подложки. Полученный результат свидетельствует о том, что начиная с некоторого значения мощности лазерного излучения наблюдается расплавление всей порции порошка и дальнейшее повышение мощности лазерного излучения ведет только к подплавлению подложки. Из представленного графика также видно, что с увеличением мощности лазерного излучения наблюдается рост ширины наплавленного валика.

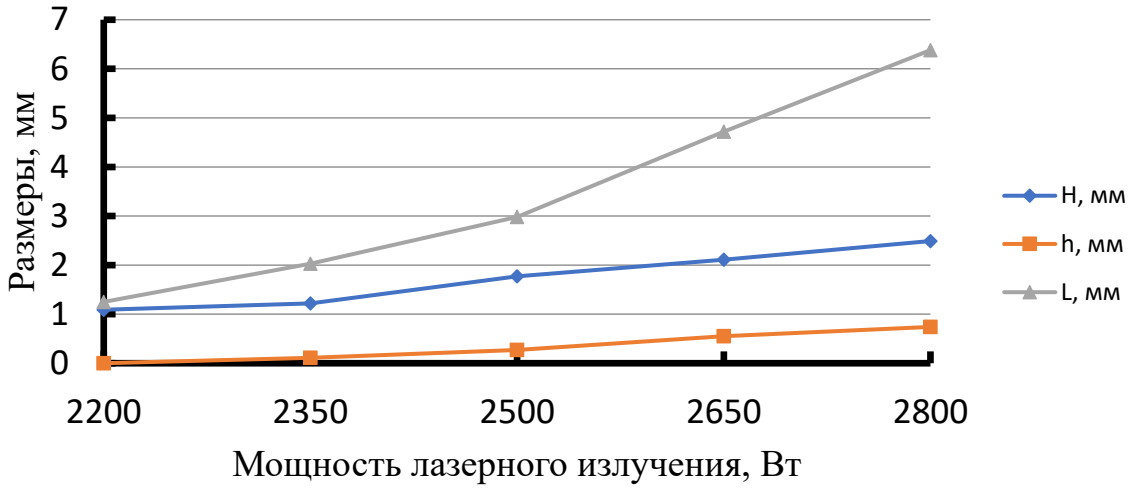


Рис. 3. Высота, ширина наплавленного валика и глубина проплавления подложки в зависимости от мощности лазерного излучения

Результаты исследования микроструктуры и распределения легирующих элементов в наплавленных валиках показали, что с увеличением мощности лазерного излучения коэффициент перемешивания увеличивается. Причина такого увеличения коэффициента перемешивания заключается в увеличении погонной энергии, которая расходуется на проплавление подложки, что в итоге приводит к увеличению площади расплавления подложки и доли ее металла, который участвует в формировании наплавленного валика.

Также можно отметить, что с увеличением мощности лазерного излучения проявляется тенденция к выравниванию соотношения между высотой и шириной наплавленного валика.

Результаты экспериментов второй серии показали, что при всех выбранных значениях мощности лазерного излучения коэффициент перемешивания увеличивался примерно от 0,05 до 0,43. Значение коэффициента перемешивания остается на достаточно приемлемом уровне.

Третья серия экспериментов проводилась с варьированием расхода порошка в диапазоне от 2 до 18 г/мин при фиксированном значении мощности лазерного излучения $P = 2500$ Вт и скорости наплавки $V = 11$ мм/с. Полученные результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7

Параметры процесса и геометрические характеристики наплавленного валика при варьировании расхода порошка

Постоянные параметры	Скорость наплавки V = 11,0 мм/с Мощность излучения P = 2500, Вт	Геометрические параметры наплавленного валика					
Номер валика	Переменные параметры: Расход порошка F, г/мин	L, мм	H, мм	h, мм	A_c, мм^2	Зона термического влияния (ЗТВ)	D
11	2	2,81	1,12	0,24	2,14	0,39	0,81
12	6	2,98	1,77	0,27	3,23	0,52	0,56
13	10	3,03	3,49	0,25	6,48	0,44	0,44
14	14	2,89	5,11	0,20	9,06	0,40	0,41
15	18	2,95	5,57	0,19	10,08	0,38	0,37

Из рисунка 4 следует, что с увеличением расхода порошка высота наплавленного валика увеличивается практически линейно. Увеличение расхода наплавляемого порошка вызывает некоторое снижение глубины проплавления подложки. По-видимому, этот факт можно объяснить тем, что с увеличением расхода наплавляемого порошка большая доля лазерного излучения расходуется на его расплавление. Так же свою долю вносит переотражение лазерного излучения от частиц порошка, поступающих в зону воздействия лазерного луча.

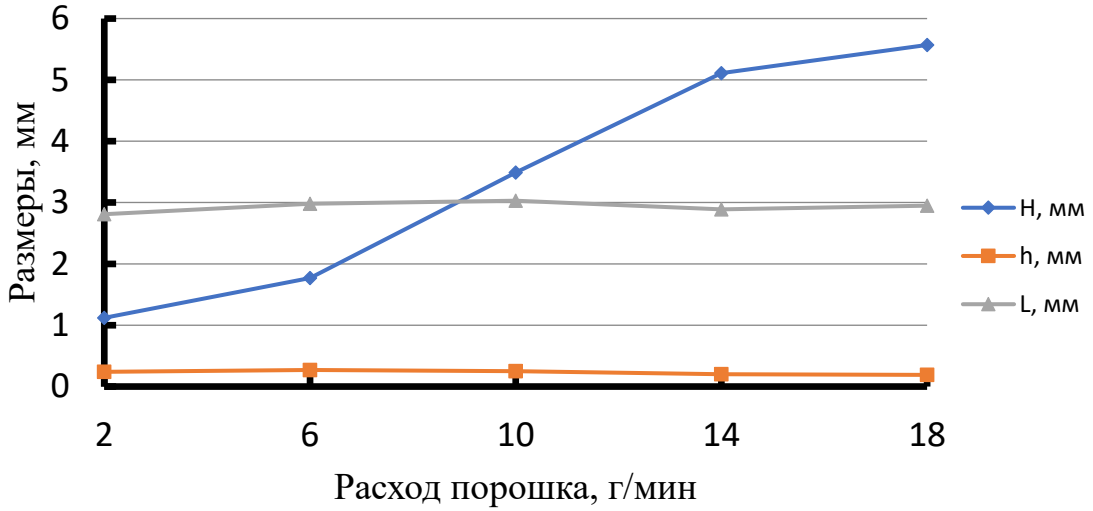


Рис. 4. Зависимость высоты и ширины наплавленного валика, а также глубины проплавления подложки от расхода порошка

Из приведенного на рисунке 4 видно, что с увеличением расхода порошка ширина наплавленного валика немного уменьшается. Этот результат

показывает, что для сохранения оптимального соотношения высоты наплавленного валика на уровне 0,25–0,30 не следует увеличивать расход порошка выше определенного значения.

Из рисунка 5 следует, что с увеличением расхода порошка соотношение между высотой и шириной наплавленного валика увеличивается. Это объясняется тем, что увеличение расхода порошка приводит к увеличению высоты валика при сокращении его ширины. При этом с увеличением расхода порошка наблюдается резкое сокращение коэффициента перемешивания.

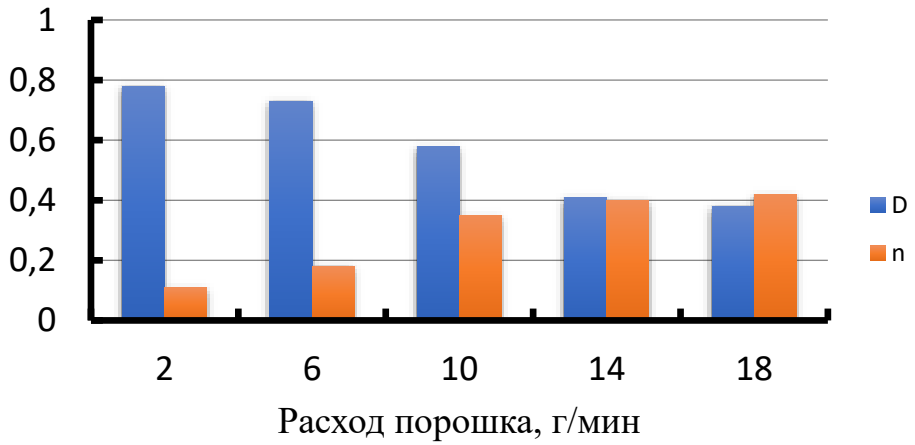


Рис. 5. Коэффициент растворения (D) и соотношение между высотой и шириной наплавленного валика в зависимости от расхода порошка

На основе анализа полученных зависимостей был определен рациональный диапазон изменения основных параметров лазерной порошковой наплавки при расходе порошка 6–8 г/мин и соотношении H < 0,5L: мощность лазерного излучения 2500–2600 Вт, скорость наплавки 11–12,5 мм/с.

На выбранных в процессе исследований рациональных режимах лазерной порошковой наплавки были наплавлены валики на поверхность образца из стали 08Х14Н5М2ДЛ. Перекрытие валиков составляло 0,25–0,30 при высоте валика в диапазоне 3,2–3,8 мм. Внешний вид наплавленной поверхности представлен на рисунке 6.



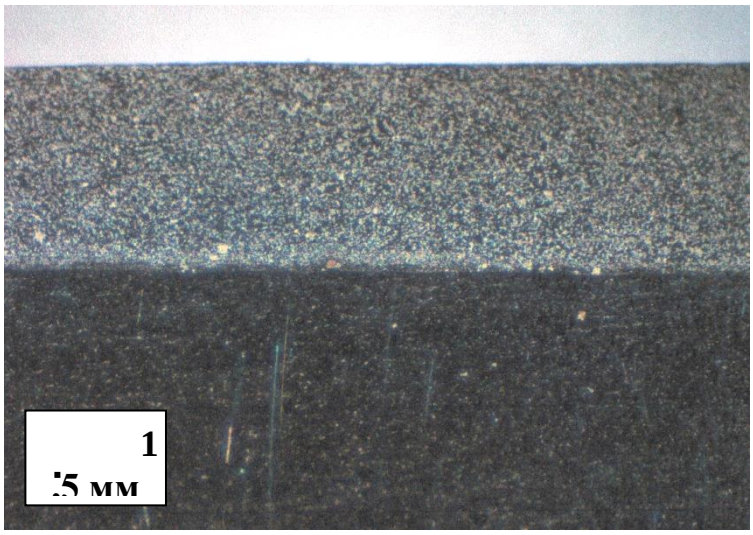
Рис. 6. Внешний вид наплавленной поверхности на поверхности образца из стали 08Х14Н5М2ДЛ

Контроль температуры образца с помощью термопары показал, что на глубине 2 мм от наплавляемой поверхности температура нагрева образца в процессе наплавки не превысила 80–90 °С. Это позволяет утверждать, что основной материал образца в процессе наплавки не подвергается термическому воздействию и его структура в глубинных слоях не претерпевает каких-либо изменений.

На рисунке 7 приведены макроструктуры зоны наплавки в зоне перекрытия соседних слоев и макроструктура наплавленного валика вдоль направления наплавки.



а



б

Рис. 7. Макроструктура наплавленного слоя на сталь 08Х14Н5М2ДЛ в поперечном (а) и продольном (б) сечениях

На рисунке 8 представлен график, полученный при измерении микротвердости зоны наплавки и подложки от поверхности к основе с шагом 100 мкм.

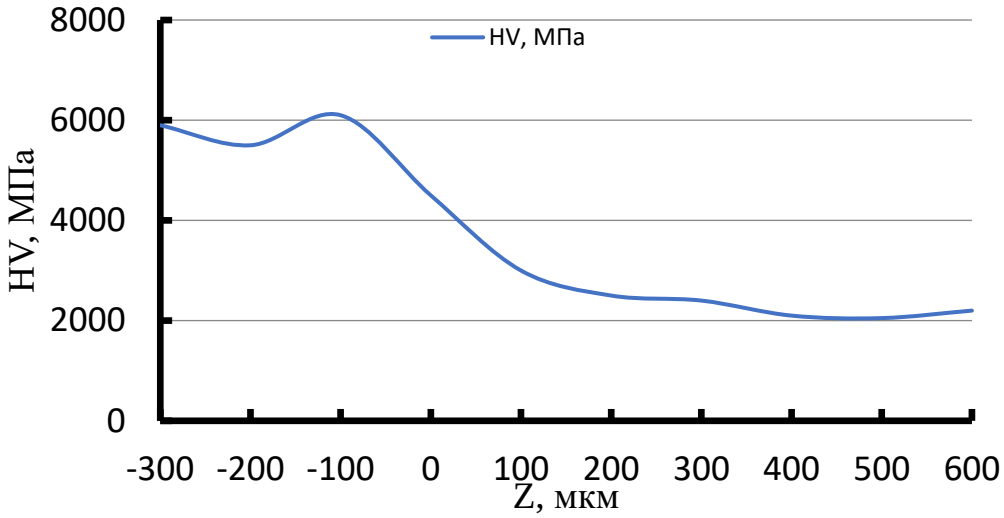


Рис. 8. Изменение микротвердости в вертикальном направлении от поверхности наплавленного слоя к подложке из стали 08Х14Н5М2ДЛ (точка "0" соответствует переходной области между касательной к поверхности образца и наплавленного слоя)

Анализ распределения микротвердости показывает, что в узкой области материала подложки шириной 100–150 мкм наблюдается закалка под действием тепла при выполнении лазерной порошковой наплавки.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить рациональные диапазоны лазерной порошковой наплавки стали 08Х14Н5М2ДЛ, позволяющие получить качественное покрытие с высотой наплавленных валиков в пределах 3,2–3,8 мм с перекрытием соседних валиков 0,25–0,3.

Выводы

1. Определены рациональные диапазоны изменения основных параметров лазерной порошковой наплавки стали 08Х14Н5М2ДЛ порошком стали Х25Н10В8, которые обеспечивают за один проход формирование наплавленного слоя высотой 3.2–3,8 мм с перекрытием соседних валиков 0,25–0,3.

2. На основе распределения микротвердости показано, что при лазерной порошковой наплавке не оказывается существенного термического влияния на основной металл и глубина зоны термического влияния не превышает 0,15–0,22 мм.

3. При лазерной порошковой наплавке на предложенных режимах не отмечено появления дефектов ни в наплавленном металле, ни в материале подложки.

Список литературы

1. Малютин К.В. Исследование причин образования трещин в наплавленном слое стали 08Х14Н5М2ДЛ при аргонодуговой наплавке сплавом Х25Н10В8 / К.В. Малютин, В.В. Овчинников // Электрометаллургия. 2018. – №12. – С.10–22.

2. Малютин К.В. Причины образования трещин в наплавленном слое стали ВНЛ-3 при аргонодуговой наплавке износостойкого слоя / К.В. Малютин, В.В. Овчинников // Современные материалы, техника и технологии. 2020. – №1 (28). – С.10–19.

3. Малютин К.В. Изнашивание образцов стали 08Х14Н5М2ДЛ после аргонодуговой наплавки сплавом Х25Н10В8 / К.В. Малютин, В.В. Овчинников // Упрочняющие технологии и покрытия. 2021. – (17) – №7. – С.318–324. DOI: 10.36652/1813-1336-2021-17-7-318-324.

4. Бирюков В.П. Лазерные системы для упрочнения, наплавки деталей и точного раскроя листового материала / В.П. Бирюков, А.В. Дозоров // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2006. – № 1. – С. 60–66.

5. Восстановление лазерной наплавкой работоспособности пары трения вал–вкладыш подшипника скольжения / В.П. Бирюков, В.Г. Лаптева, И.А. Хренникова [и др.] // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2013. – № 5. – С.91–95.

6. Izdinska Z. The Structure and Properties of composite Laser clad coatings with Ni based matrix with WC particles / Z. Izdinska, A. Nasher, K. Izdinsky // Materials Engineering. 2010. – v.17. – № 2. – p.1–5.

7. Zhou S. Laser induction hybrid rapid cladding of WC particles einforced NiCrBSi composite coatings / S. Zhou, X. Dai // Applied Surface Science. 2010. – v. 256. – p. 4708–714.

8. Tobar M.J. Morphology and characterization of laser clad composite NiCrBSi-WC coatings on stainless steel / M.J. Tobar, C. Alvarez, J.M. Amado [et al.] // Surface and Coatings Technology. 2006. – v.200. – p. 6313–6317.

9. Григорьянц А.Г. Технологические процессы лазерной обработки / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюров // М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 663 с.

10. Ставрев Д.С. Дисперсионное упрочнение слоя лазерной наплавки из мартенситно-стареющего сплава на поверхности стали 3Х3М3Ф / Д.С. Ставрев, В.С. Щербаков // Металловедение и термическая обработка металлов. 2016. № 6 (732). – С. 65 -69.

Олефиренко Н.А.
к.т.н., доцент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
nik.olefirenko@gmail.com
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
Московский политехнический университет
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

КОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЯ ИЗ СТАЛИ 30ХГСА, НАПЫЛЕННОГО НА СТАЛЬ 45

Аннотация. Исследовано влияние защитного покрытия, нанесенного на сталь 45 из проволоки 30ХГСА методом электродуговой металлизации, на сопротивляемость коррозии по сравнению с необработанной сталью 45. Методика испытаний включала проведение электрохимических анализов, таких как поляризационные кривые. Результаты показали, что сталь 45 с покрытием из проволоки 30ХГСА показывает значительно более высокую коррозионную стойкость по сравнению со стандартной сталью 45. В результате данного

исследования подтверждается значимость технологии электродуговой металлизации как эффективного способа повышения коррозионной стойкости сталей. Применение защитного покрытия из проволоки 30ХГСА на сталь 45 не только улучшает её характеристики, но и предоставляет возможности для более долговечного использования в агрессивных средах. Полученные результаты предоставляют ценные научные данные, которые могут способствовать разработке улучшенных коррозионно-стойких материалов для применения в таких критически важных отраслях, как нефтегазовая промышленность, морские и строительные проекты, машиностроение, где надежность материалов является ключевым фактором.

Ключевые слова: коррозионная стойкость, сталь 45, электродуговая металлизация, покрытие, проволока стальная наплавочная 30ХГСА.

Olefirenko N.A.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
nik.olefirenko@gmail.com
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

CORROSIVE PROPERTIES OF 30HGSA STEEL COATING SPRAYED ON 45 STEEL

Abstract. The effect of a protective coating applied to steel 45 made of 30HGSA wire by electric arc metallization on corrosion resistance compared to untreated steel 45 was investigated. The test methodology included electrochemical analyses, such as polarization curves. The results showed that 45 steel coated with 30HGSA wire showed significantly higher corrosion resistance compared to standard 45 steel. In The result of this study confirms the importance of electric arc metallization technology as an effective way to increase the corrosion resistance of steels. The use of a protective coating of 30HGSA wire on 45 steel not only improves its performance, but also provides opportunities for more durable use in aggressive environments. The findings provide valuable scientific data that can contribute to the development of improved corrosion-resistant materials for applications in critical industries such as oil and gas, marine and construction projects, and mechanical Engineering, where material reliability is key.

Keywords: corrosion resistance, steel 45, electric arc metallization, coating, surfacing steel wire 30HGSA.

Коррозия сталей, используемых в машиностроении, является важной проблемой, влияющей на долговечность, безопасность и производительность машин и конструктивных элементов. Сталь, сплав, состоящий в основном из железа и углерода, широко используется в машиностроении благодаря своей прочности, ковкости и экономичности. Однако ее подверженность коррозии остается главным недостатком, особенно в суровых условиях или при недостаточных мерах защиты [1-2].

Изучение коррозии сталей, используемых в машиностроении и промышленности, связано не только с продлением срока службы материалов, но и с более широкими аспектами экономии, повышения безопасности, защиты окружающей среды и соблюдения нормативных стандартов. Для улучшения характеристик стали 45 было применено покрытие из проволоки 30ХГСА, которая благодаря содержанию хрома и кремния обладает выраженными антикоррозионными свойствами. Проволока 30ХГСА содержит хром, придающий покрытию повышенную коррозионную стойкость, и кремний, способствующий образованию плотного и стойкого к защитным слоям [3–4]. Использование этого материала в качестве покрытия значительно улучшает сопротивление стали 45 коррозии.

Для оценки эффективности таких покрытий электрохимические методы, включая измерение поляризационных кривых, предоставляют ценные данные о поведении защитных слоев в условиях воздействия агрессивных сред [5–6]. Эти методы позволяют анализировать текущую защиту и прогнозировать поведение металлов в долгосрочной перспективе.

Целью исследования явилась оценка влияния защитного покрытия, нанесенного методом электродуговой металлизации из проволоки 30ХГСА, на электрохимическую коррозионную стойкость стали 45.

Материалы и методики исследований

Коррозионные испытания проводились потенциодинамическим методом с помощью одноканального потенциостата – гальваностата модели CS300M в 3% растворе NaCl при температуре ±25°C. Для получения исследуемого участка требуемых размеров на его поверхность в определенной области наносили защитный лак. Для обеспечения возможности сравнения результатов при проведении потенциодинамических исследований крайне важно, чтобы площади анализируемых участков на тестируемых образцах были идентичны. Это необходимо для того, чтобы значения, полученные в ходе испытаний образцов в одинаковых условиях, были сопоставимы.

В одной стеклянной ячейке сравнительный электрод (R) с известным постоянным потенциалом – хлорсеребряный электрод, заполненную раствором NaCl, на второй ячейке вспомогательный электрод (C) – платиновый электрод и рабочий электрод (W) – исследуемые образцы стали 45 с покрытием и без покрытия с площадью поверхности 1 см^2. Ячейки соединены солевым мостиком, содержащий в себе хлорид натрия и обе стороны закрыты фильтровальной бумагой, предназначенный для предотвращения смешивания растворов в ячейках. Это необходимо для обеспечения точности измерения потенциала, поскольку смешивание может повлиять на результаты. Перед установкой испытуемого образца в цепь его подготавливают, очищая и удаляя жирные поверхностные загрязнения с использованием этилового спирта.

Рабочий электрод (стальные образцы без покрытия и с покрытием) в данной установке является исследуемым объектом, который может действо-

вать как анод при коррозии. Вспомогательный электрод (платиновый электрод) в данной установке, действует как катод, обеспечивая ток для протекания реакций на рабочем электроде.

Программа CS Studio6 позволяет определить значения потенциала, плотности тока, скорости коррозии, а также тафелевские наклоны (ba, bc). Графики (рисунок 1) представлены в логарифмической форме (шкала плотности тока представлена в логарифмической форме). Кроме того, она обеспечивает возможность наглядного контроля за построением кривых изменений значений на компьютере.

В ходе эксперимента было получено график поляризационных кривых (рисунок 1).

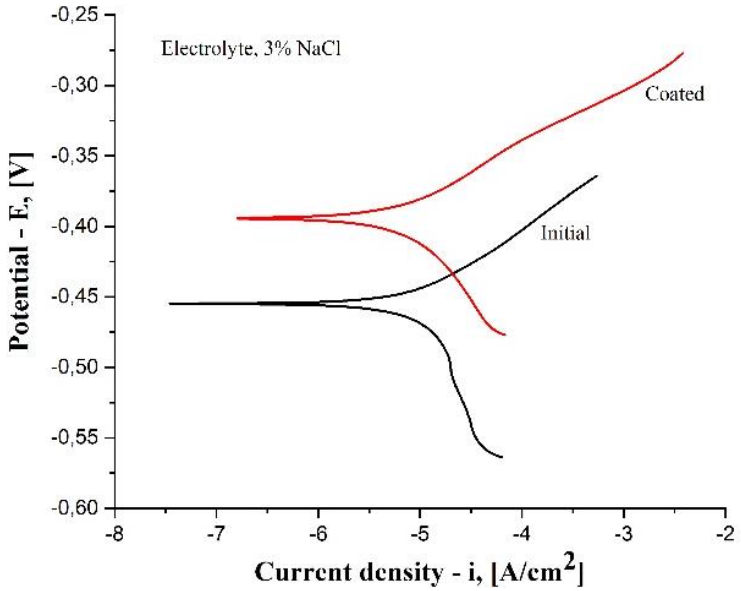


Рис. 1. Поляризационные кривые образцов стали СТ3 с покрытием (Coated) и без него (Initial) в растворе 3% NaCl

Поляризационные кривые строятся путем приложения варьируемого электрического потенциала к образцу и измерения ответной плотности тока. Эти кривые предоставляют визуальное представление о том, как изменяется коррозионное поведение материала при различных электрохимических условиях.

Потенциал коррозии E_{corr} служит ключевым показателем в электрохимических исследованиях, отражая склонность металла к коррозии в определённой среде. Низкое значение E_{corr} свидетельствует о повышенной коррозийной активности, указывая на ускоренное разрушение материала.

Плотность тока коррозии I_{corr}, измеряемая во время поляризационных испытаний, напрямую связана с скоростью коррозионных процессов: высокие значения указывают на более интенсивное разрушение и, соответственно, на низкую эффективность защитных покрытий или коррозионную стойкость материала. Тафелевские наклоны, полученные из линейных

участков поляризационных кривых, характеризуют кинетику анодных и катодных реакций на поверхности металла, предоставляя информацию о том, как изменение потенциала влияет на скорость этих реакций. Поляризационные параметры образцов после проведения эксперимента показано в таблице 1.

Таблица 1

Поляризационные параметры образцов стали 45 с покрытием и без него

Образцы	$-E_{corr}$ (mB)	I_{corr} (A/cm²)	r_{corr}(mm/a)	Наклоны Тафеля (mV)	
				ba	bc
Исходный	452,37	1,6421E-05	0,19322	61,455	274,77
С покрытием	391,3	6,5073E-06	0,076351	42,183	81,544

При проведении электрохимических испытаний было установлено, что оба образца демонстрируют отрицательный потенциал коррозии, что является характерной чертой для окислительных (анодных) процессов в электрохимической коррозии. Отрицательный потенциал указывает на то, что металл склонен к отдаче электронов, что способствует его растворению как анода. Наблюдения показали, что плотность тока коррозии у образца с покрытием значительно ниже, чем у образца из исходной стали 45, что указывает на меньшую скорость коррозии. Это подтверждает, что покрытие из проволоки 30ХГСА эффективно снижает скорость коррозии по сравнению со стандартной сталью 45.

Кроме того, тафелевские наклоны для образца с покрытием оказались более мелкими как в анодной, так и в катодной областях, что свидетельствует о меньшей зависимости скорости коррозионных реакций от изменений потенциала. Это может указывать на более устойчивую электрохимическую систему и подчеркивает эффективность защитного покрытия. Более пологие тафелевские наклоны могут свидетельствовать о наличии более стабильной электрохимической системы, которая меньше подвержена колебаниям в реакционной динамике в ответ на внешние электрические стимулы. Это подчеркивает, что покрытие не только защищает металл от коррозии, но и стабилизирует его поведение в различных рабочих условиях. Такие результаты подтверждают потенциал использования специализированных покрытий для повышения коррозионной стойкости конструкционных материалов, что может быть особенно важно для условий агрессивных сред.

На рисунке 2 приведен внешний вид образцов стали 45 с напыленным покрытием на поверхности и без него после выдержки в условиях климатической камеры при температуре 35 °С с влажностью 75% в течение 2 и 8 суток. Внешний вид образцов позволяет заключить, что напыление покрытия из стали 30ХГСА на поверхность стали 45 способствует снижению ее склонности к общей коррозии во влажной атмосфере.

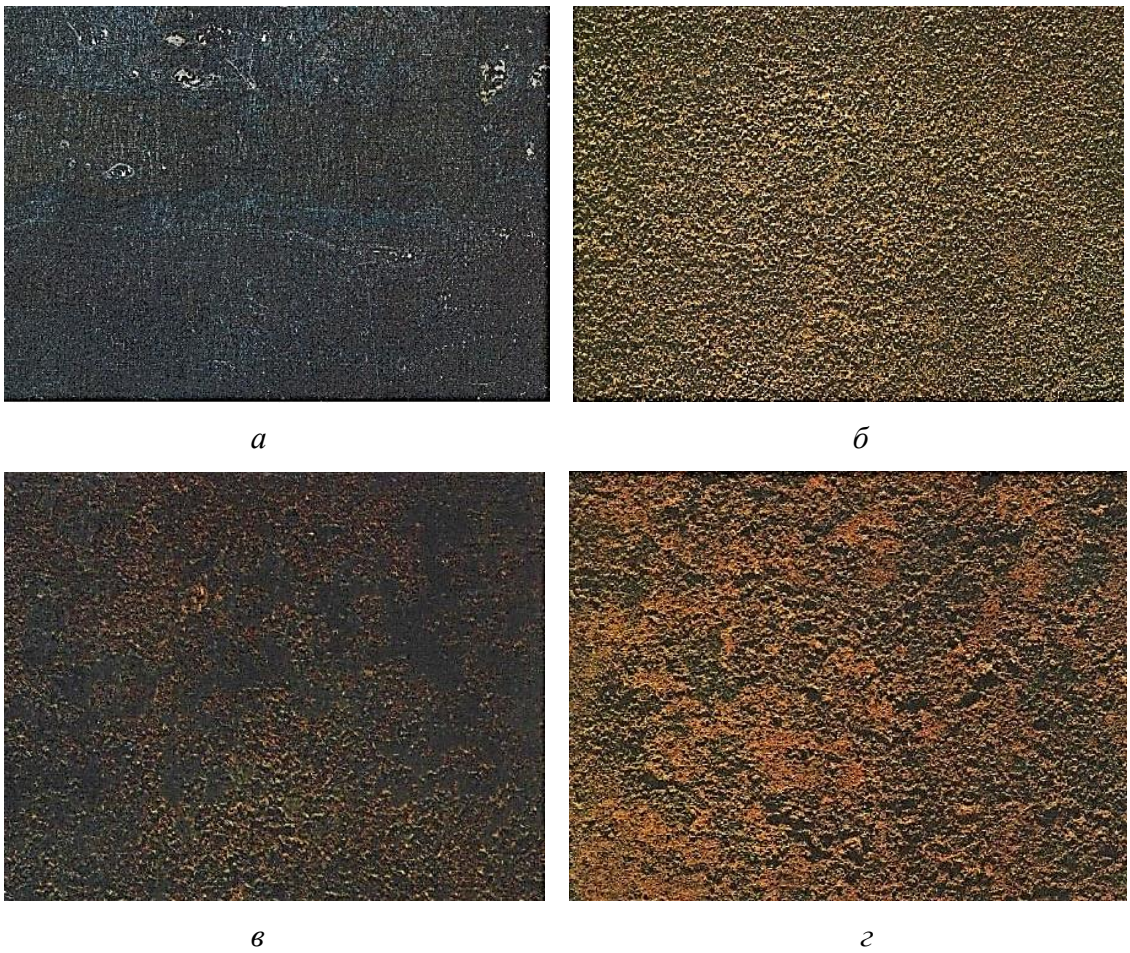


Рис. 2. Внешний вид образцов стали 45 с напыленном покрытием из стали 30ХГСА (а, б) и без него (в, г):
а, в – 2 суток выдержки в климатической камере; б, г – 8 суток выдержки в климатической камере

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что применение защитных покрытий из проволоки 30ХГСА представляет собой эффективный способ значительного увеличения срока службы стали 45 в коррозийных средах. Это открытие предоставляет ценную информацию для промышленности, особенно в секторах, где требуется высокая коррозионная стойкость материалов.

Список литературы

1. Hansson, C. M. (2023). An introduction to corrosion of Engineering materials. In Corrosion of steel in concrete structures (pp. 1-16). Woodhead Publishing.

2. Yadla, S. V., Sridevi, V., Lakshmi, M. V. V. C., & Kumari, S. K. (2012). A review on corrosion of metals and protection. International Journal of Engineering Science & Advanced Technology, 2(3), 637-644.

3. Исаков, С. А., & Лежава, А. Г. (2016). Металлические покрытия для защиты стальных деталей от коррозии, полученные методом электродуговой металлизации. Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования (pp. 15-16).

4. Ушаков, М. В., Кутепов, С. Н., Клементьев, Д. С., & Калинин, А. А. (2023). Влияние технологических режимов напыления защитных покрытий на физико-механические

и коррозионные свойства. Известия тульского государственного университета. Технические науки, (2), 584-590.

5. Кац, Н. Г., Васильев, С. В., Калинкина, Д. С., Коноваленко, Д. В. (2016). Поляризационные характеристики металлических материалов. Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки, (1 (49)), 138-142.

6. Деменкова, Л. Г., Судариков, А. В. (2016). Изучение коррозии металлов методом снятия поляризационных кривых. In Инновационные технологии в машиностроении: сборник трудов VII Международной научно-практической конференции, 19-21 мая 2016 г., Юрга.–Томск, 2016. (pp. 221-223).

Поляков Д.А.
аспирант
Московский политехнический университет
Россия, Москва
da_polyakov@mail.ru
Научный руководитель: ***Овчинников В.В.***
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
Московский политехнический университет
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

СВАРКА ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1565ЧМ ИНСТРУМЕНТОМ БОББИН ТУЛ

Аннотация. Представлены результаты отработки режимов сварки трением с перемешиванием листовых заготовок толщиной 8 мм из сплава 1565чМ инструментом Боббин Тул. Существенным отличием схемы Боббин Тул от традиционной односторонней сварки трением с перемешиванием является наличие двух заплечиков с лицевой и корневой стороны соединения. В процессе сварки за счет трения одновременно верхнего и нижнего заплечиков о поверхность свариваемой заготовки происходит выделения тепла с двух сторон соединения и наблюдается более равномерный разогрев металла в зоне перемешивания. Отмечено, что за счет скольжения неподвижного плеча процесс сварки протекает более стабильно. Это приводит к снижению интенсивности плоских максимальных сил, перпендикулярным направлению сварки. Второе положительное явление, которое проявляется при сварке трением с перемешиванием инструментом Боббин Тул, является эффект сглаживания поверхности зоны перемешивания. При СТП инструментом Боббин Тул образуется зона перемешивания в форме песочных часов с отчетливыми следами переноса металла по винтовым линиям резьбы на стержне инструмента. Приведены механические свойства соединений, полученных СТП инструментом Боббин Тул, в сравнении с односторонней СТП.

Ключевые слова: алюминиевый сплав, сварка трением с перемешиванием, инструмент Боббин Тул, форма инструмента, макроструктура, механические свойства.

Polyakov D.A.
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow

da_polyakov@mail.ru
Scientific Advisor: ***Ovchinnikov V.V.***
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

1565CHM ALUMINUM ALLOY FRICTION STIR WELDING WITH BOBBIN TOOLING

Abstract. The results of working out the modes of friction welding with stirring of sheet blanks with a thickness of 8 mm made of alloy 1565chM with the tool of Bobbin Toole are presented. A significant difference between the Bobbin Toole scheme and traditional one-sided friction stir welding is the presence of two shoulders on the front and root sides of the joint. During the welding process, due to the simultaneous friction of the upper and lower shoulders on the surface of the welded workpiece, heat is released from both sides of the joint and a more uniform heating of the metal in the mixing zone is observed welding is more stable. This results in a decrease in the intensity of the flat maximum forces perpendicular to the direction of welding. The second positive phenomenon that is manifested in friction stir welding with the Bobbin Toole tool is the smoothing effect of the surface of the mixing zone. In the case of STP with the Bobbin Tool, an hourglass-shaped mixing zone is formed with distinct traces of metal transfer along the screw thread lines on the tool rod. The mechanical properties of the joints obtained by the Bobbin Toole tool are given in comparison with a one-sided STP.

Keywords: aluminum alloy, friction stir welding, Bobbin Toole tool, tool shape, macrostructure, mechanical properties.

Сварка инструментом Боббин Тул трением с перемешиванием является вариантом сварки трением с перемешиванием в твердой фазе. Данный процесс идентичен традиционному процессу сварки трением с перемешиванием, с той разницей, что тепло трения подается с обеих сторон, так как Бобинный инструмент состоит из двух заплечиков, соединенных стержнем (рисунок 1). [1–3].

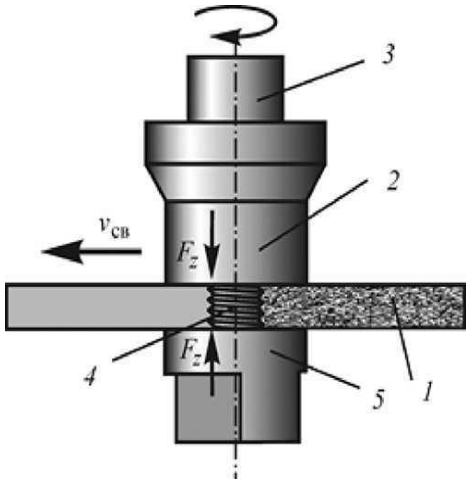


Рис. 1. Схема процесса СТП Боббин Тул:
1 – шов; 2 – заплечик верхний; 3 – хвостовик; 4 – стержень; 5 – нижний заплечик;
$v_{св}$ – скорость сварки; F_z – усилие прижатия инструмента

Схема инструмента Боббин Тул приведена на рисунке 2.

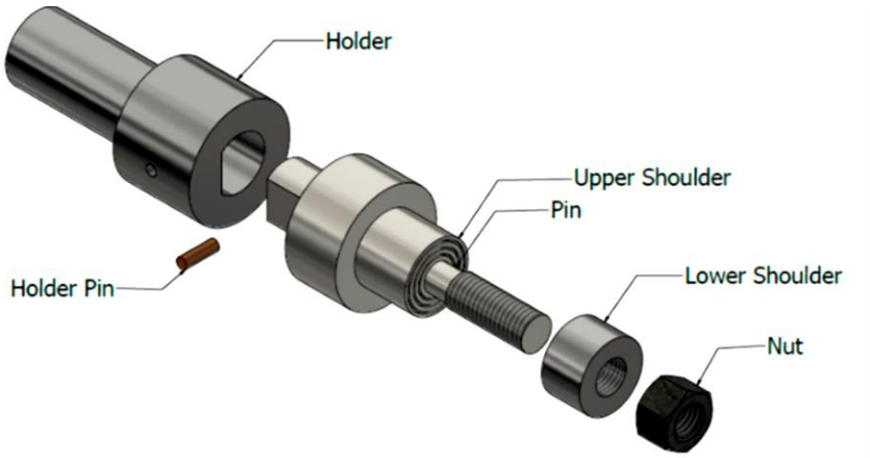


Рис. 2. Компоновка инструмента Боббин Тул:
Держатель (Holder), штифт (Holder Pin), верхний заплечик (Upper Shoulder), стержень (Pin), нижний заплечик (Lower Shoulder), гайка (Nut)

Существенным отличием схемы Боббин Тул от традиционной односторонней сварки трением с перемешиванием является наличие двух заплечиков с лицевой и корневой стороны соединения. В процессе сварки за счет трения одновременно верхнего и нижнего заплечиков о поверхность свариваемой заготовки происходит выделения тепла с двух сторон соединения и наблюдается более равномерный разогрев металла в зоне перемешивания.

Оба заплечика имели диаметр 24 мм при вогнутости внутренней поверхности на уровне 6°. Диаметр стержня составил 8 мм.

Сварку осуществляли при частоте вращения инструмента Боббин Тул 850 об/мин при варьировании скорости линейного перемещения (скорости сварки) в интервале значений 200–600 мм/мин. Угол наклона стержня инструмента Боббин Тул составлял 0°.

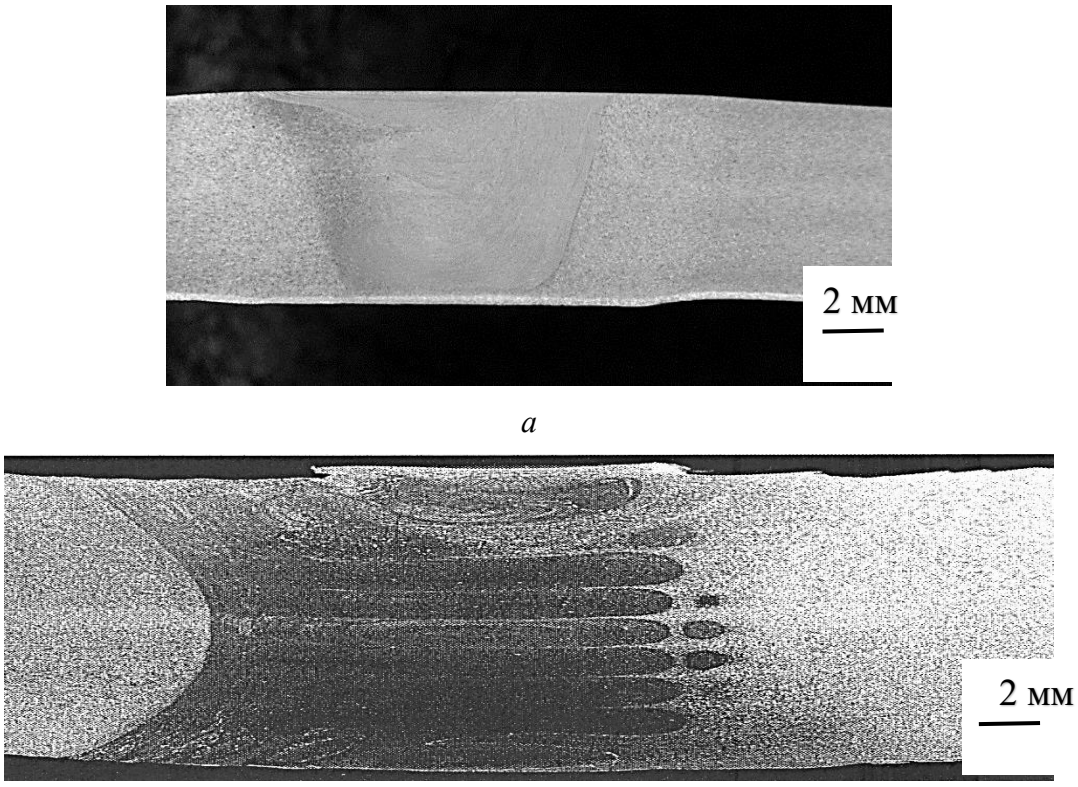
Температуры, генерируемые в зоне перемешивания, наступающей и отступающей стороне во время процесса СТП, измерялись с помощью двух методов. Распределение температуры вдоль стыка во время СТП Бобинным инструментом было измерено в нескольких точках. Температуру на поверхности сварного шва за инструментом измеряли с помощью инфракрасного термометра (Quicktemp 860-T3, Германия).

При сравнении процесса сварки инструментом Боббин Тул со стандартным СТП были сделаны два основных заключения.

Во-первых, было отмечено, что за счет скольжения неподвижного плеча процесс сварки протекает более стабильно. Это приводит к снижению интенсивности плоских максимальных сил, перпендикулярным направлению сварки. Предполагается, что менее размягченный материал на неподвижной стороне стабилизировал инструмент за счет его более высокого сопротивления. Это формирует процесс, при котором свариваемая заготовка сама направляет инструмент.

Второе положительное явление, которое проявляется при сварке трением с перемешиванием инструментом Боббин Тул, является эффект сглаживания поверхности зоны перемешивания. Этот эффект формируется за счет скользящего неподвижного плеча. На поверхности зоны перемешивания формируются дугообразные следы инструмента, которые образуются в результате вращения заплечика. При этом шероховатость поверхности зоны перемешивания в случае сварки инструментом Боббин Тул существенно лучше, чем при односторонней сварке трением с перемешиванием по классической схеме.

На рисунке 3 приведено сравнение макроструктуры соединений сплава 1565чМ, полученных односторонней сваркой трением с перемешиванием и сваркой с применением инструмента Боббин Тул.



а

б

Рис. 3. Макроструктура сварных соединений сплава 1565чМ, выполненных односторонней СТП (а) и СТП инструментом Боббин Тул (б)

Макроструктура сварных как при классической СТП, так и при сварке Бобинным инструментом не имела внутренних дефектов. Следует отметить особенность макроструктуры шва, выполненного инструментом Боббин Тул, которая заключается в формировании зоны перемешивания в форме песочных часов с отчетливыми следами переноса металла по винтовым линиям резьбы на стержне инструмента.

Макроструктура соединения, выполненного инструментом Боббин Тул, выявляет все типичные зоны сварного соединения, полученного сваркой

трением с перемешиванием. В центральной части расположена зона перемешивания (ЗП), которая окружена зоной термомеханического воздействия (ЗТМВ). Она, в свою очередь, соединена с зоной термического влияния (ЗТВ), которая заканчивается основным материалом (ОМ) для обоих вариантов сварки.

Из рисунка 3б видно, что асимметричная форма зоны перемешивания раскрывается в направлении к нижнему заплечику. В нижней части соединения ширина зоны перемешивания практически равна диаметру заплечика. По направлению к верхнему заплечику также можно отметить расширение зоны перемешивания, однако это проявляется в значительно меньшей степени.

На рисунке 4 приведена сравнительная гистограмма температур нагрева свариваемых заготовок со стороны набегания и отхода инструмента при сварке трением с перемешиванием инструментом Боббин Тул. Можно отметить, что с увеличением скорости перемещения инструмента (скорости сварки) наблюдается снижение температуры нагрева свариваемого материала как со стороны набегания, так и со стороны отхода инструмента. Это можно объяснить уменьшением количества оборотов на единицу длины за счет увеличения скорости сварки при постоянной скорости вращения.

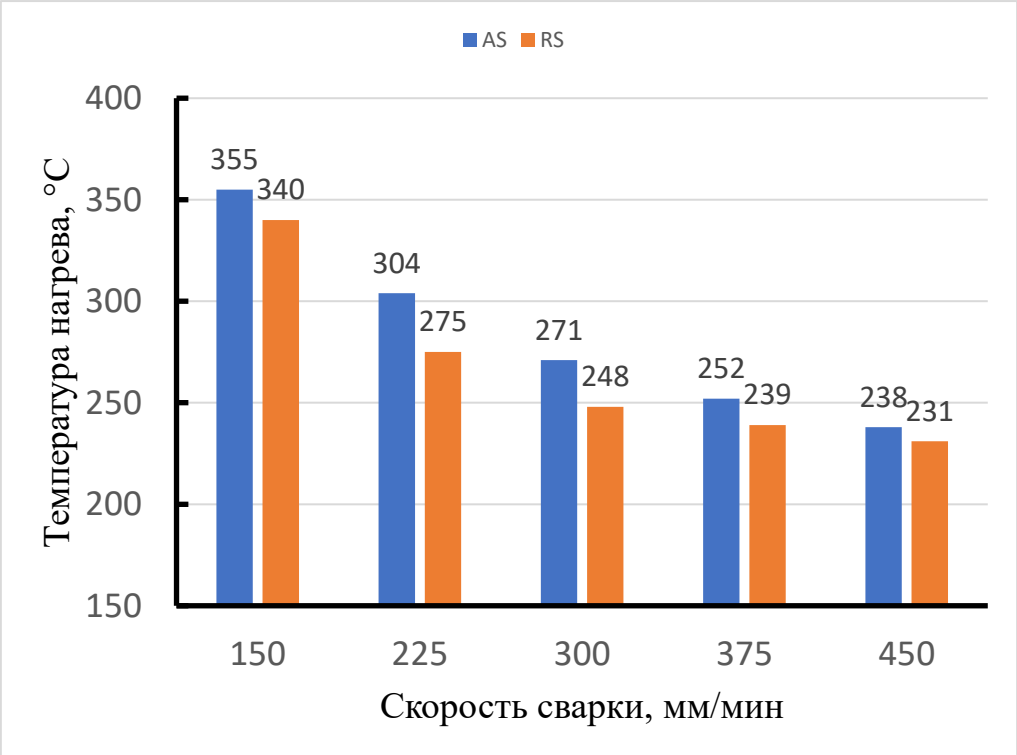
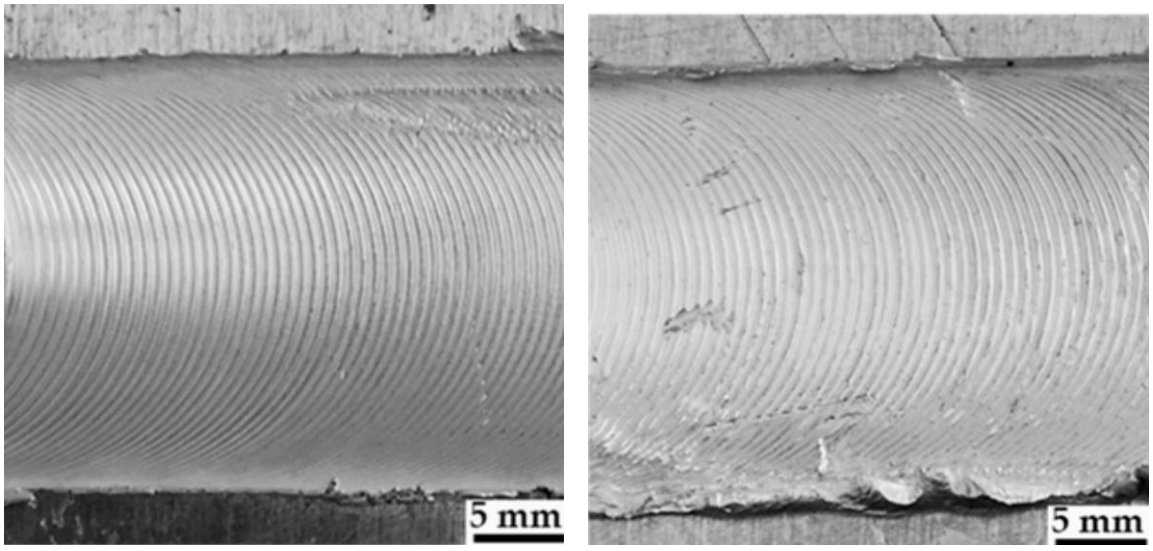


Рис. 4. Максимальные температуры нагрева сплава 1565чМ толщиной 8 мм при СТП инструментом Боббин Тул с частотой вращения инструмента 850 об/мин: AS – сторона набегания инструмента; RS – сторона отхода инструмента

Так, при сварке с частотой вращения инструмента 850 об/мин и скорости сварки 150 мм/мин величина оборота инструмента на 1 мм его линейного перемещения составляет 5,66 об/мин. Увеличение скорости сварки до 450 мм/мин приводит к снижению указанного показателя 1,88 об/мм, т.е. в 3 раза. Это значительно снижает количество выделяемого тепла за счет увеличения скорости сварки, а также обеспечивает быстрое охлаждение после сварки. При этом как со стороны набегания инструмента, так и со стороны его отхода генерируется достаточно высокая температура нагрева свариваемого металла.

С увеличением скорости сварки отмечается снижение температуры нагрева металла в зоне перемешивания. При скорости сварки 450 мм/мин наблюдается выравниванием температуры нагрева металла со стороны набегания и со стороны отхода рабочего инструмента.

На рисунке 5 приведен внешний вид с лицевой и корневой стороны сварного шва сплава 1565чМ толщиной 8 мм, выполненного с применением инструмента Боббин Тул с частотой вращения инструмента 850 об/мин и скорости сварки 225 мм/мин.

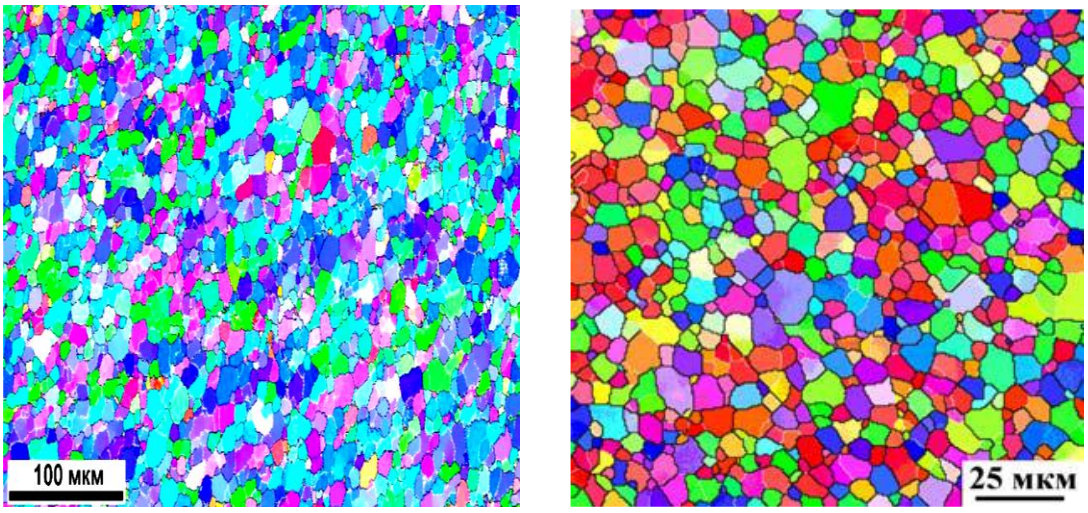


а *б*

Рис. 5. Внешний вид сварного шва с лицевой (а) и корневой (б) стороны, выполнного инструментом Боббин Тул на скорости сварки 225 мм/мин при частоте вращения инструмента 850 об/мин

Были проведены исследования размера зерна в зоне перемешивания сварных соединений сплава 1565чМ толщиной 8 мм, выполненных односторонней СТП и СТП инструментом Боббин Тул. Для сравнения этих двух вариантов применялся один и тот же режим сварки, обеспечивающий получение бездефектных соединений: частота вращения инструмента 850 об/мин; скорость сварки 225 мм/мин.

Результаты измерения размера зерна показали, что при односторонней сварке на упомянутом режиме при односторонней сварке трением с перемешиванием в металле шва формируется рекристаллизованная равноосная структура со средним размером зерна га уровне 8,7 мкм (рисунок 6а). При использовании аналогичного режима для сварки инструментом Боббин Тул наблюдается формирование в шве более крупнозернистой структуры, что, по-видимому, обусловлено более высокими температурами нагрева металла в зоне перемешивания (рисунок 6б). Исследования показали, что средний размер зерна в этом случае увеличился до 14,8–15,6 мкм. Таким образом при сварке трением с перемешиванием инструментом Боббин Тул листов сплава 1565чМ удается достичь такого размера зерна в шве, которое обеспечивает при горячем деформировании равномерную деформацию шва и основного металла.



а *б*

Рис. 6. EBSD карты зоны перемешивания сварного соединения сплава 1565чМ, выполненного односторонней сваркой трением с перемешиванием (а) и с применением инструмента Боббин Тул (б) на режиме: частота вращения инструмента 850 об/мин, скорость сварки 225 мм/мин

На рисунке 7 приведены сравнительные данные по среднему размеру зерна в зоне перемешивания при сварке СТП односторонней и инструментом Боббин Тул при частоте вращения рабочего инструмента 850 об/мин. Можно видеть, что во всем исследованном диапазоне значений скорости сварки средний размер зерна в зоне перемешивания инструментом Боббин Тул превосходит размер зерна, полученного при односторонней СТП. С увеличением скорости сварки отмечается снижение среднего размера зерна для обоих варинтов сварки в связи с уменьшением тепловложения в зону перемешивания.

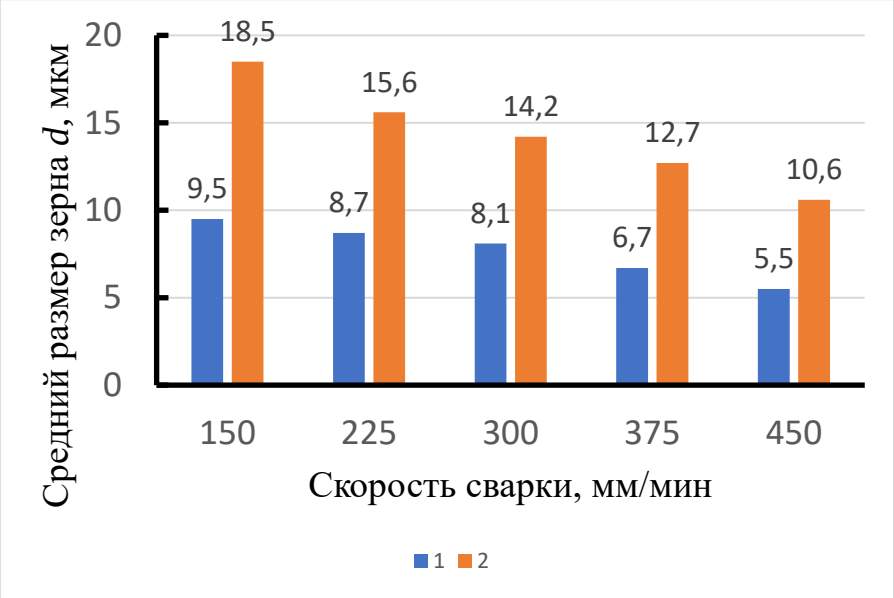


Рис. 7. Влияние скорости сварки на средний размер зерна в зоне перемешивания при односторонней СТП (а) и СТП инструментом Боббин Тул (2). Частота вращения инструмента 850 об/мин

В таблице приведены механические свойства сварных соединений листов сплава 1565чМ толщиной 8 мм, выполненные односторонней сваркой трением с перемешиванием и СТП инструментом Боббин Тул.

Таблица

Механические свойства сварных соединений листов сплава 1565чМ толщиной 8 мм

Тип образца	Режим СТП		$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ, %	α, град.	Металл шва		
	ω, об/мин	*v*св, мм/мин					$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ, %
Основной металл	–	–	350	165	25	105	–	–	–
Сварное соединение (односторонняя СТП)	850	225	341	155	13	160	365	209	28
Сварное соединение (СТП Боббин Тул)	850	225	330	146	17	175	354	200	25

Из данных таблицы можно заключить, что сварные соединения, выполненные инструментом Боббин Тул имеют по сравнению с соединениями, полученными односторонней сваркой трением с перемешиванием, более низкие прочностные характеристики, но более высокие пластические. Хотя в общем это различие не такое уж и большое.

Результаты проведенных исследований по сварке трением с перемешиванием инструментом Боббин Тул листовых заготовок сплава 1565чМ толщиной 8 мм показали, что применение указанной схемы выполнения соединения позволяет получить на частоте вращения инструмента 850 об/мин

средний размер зерна в шве в диапазоне 14,2–18,5 мкм в зависимости от скорости сварки. Получение в зоне перемешивания равноосной структуры с указанным размером зерна позволяет прогнозировать равномерную деформацию металла шва и основного металла при осадке нагретую форму сварной заготовки.

Экспериментально показано, что осуществление процесса сварки трением с перемешиванием инструментом Боббин Тул при частоте вращения инструмента 850 об/мин в диапазоне скоростей сварки 150–300 мм/мин позволяет сформировать в шве рекристаллизованную структуру со средним размером зерна 14,2–18,5 мкм. Такой средний размер зерна в шве позволяет прогнозировать равномерную деформируемость в нагретом состоянии металла зоны перемешивания и основного металла.

Список литературы

1. Дриц А.М., Овчинников В.В. Сварка алюминиевых сплавов (монография). 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство «Руда и металлы», 2020. – 476 с. ISBN 978-5-98191-088-3.

2. Mishra R.S. Friction stir welding and processing / R.S. Mishra, Z.Y. Ma // Materials Science and Engineering: R: Reports. – 2005. – Vol. 50. – P. 1-78.

3. Gratecap F. A simple methodology to define conical tool geometry and welding parameters in friction stir welding / F. Gratecap, G. Racineux, S. Marya // International Journal of Material Forming. – 2008. – Vol. 1. – P. 143-158.

Растопчин Р.Н.
заместитель директора по технологиям
ООО «Инновационные технологии»
Россия, Москва
ruslanrast@mail.ru
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
Московский политехнический университет
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МАГНИЯ И СКАНДИЯ В ПРИСАДОЧНОЙ ПРОВОЛОКЕ НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЛИТ СПЛАВА 1565ЧМ

Аннотация. В результате исследования микроструктуры и механических свойства сварных соединений плит из алюминиевого сплава 1565чМ, выполненных автоматической аргонодуговой сваркой установлено, что присадочные проволоки с содержанием магния на уровне 5,5–6,2% обеспечивает необходимое качество сварного соединения. Присадки с содержанием магния на уровне 3,5–4,2% позволяют повысить пластичность и вязкость

соединений. Однако, в зоне сплавления наблюдается формирование рыхлот, что отрицательно сказывается на прочностных свойствах соединений. Легирование присадочной проволоки скандием способствует повышению механических свойств металла шва при многопроходной сварке. При испытаниях сварных соединений плит сплава 1565чМ, выполненных многопроходной ручной аргонодуговой сваркой, разрушение образцов наблюдалось по зоне термического влияния. Коэффициент прочности соединений, выполненных ручной аргонодуговой сваркой, составил 0,96.

Ключевые слова: алюминиевый сплав, ручная аргонодуговая сварка, стыковое соединение, присадочная проволока, структура, механические свойства.

Rastopchin R.N.
Deputy Director for technology
Innovative Technologies LLC
Russia, Moscow
ruslanrast@mail.ru
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

INFLUENCE OF MAGNESIUM AND SCANDIUM CONTENT IN FILLER WIRE ON THE STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF WELDED JOINTS OF ALLOY 1565ЧМ PLATES

Abstract. As a result of the study of the microstructure and mechanical properties of welded joints of 1565chM aluminum alloy plates performed by automatic argon arc welding, it was found that filler wires with a magnesium content of 5.5–6.2% provide the required quality of the welded joint on the strength properties of the joints. Alloying filler wire with scandium helps to increase the mechanical properties of the seam metal during multi-pass welding. When testing the welded joints of alloy plates of 1565chM performed by multi-pass manual argon arc welding, the destruction of the samples was observed in the heat-affected zone. The strength coefficient of the joints made by manual argon arc welding was 0.96.

Keywords: aluminum alloy, manual argon arc welding, butt joint, filler wire, structure, mechanical properties.

Необходимость уменьшить вероятность образования грубых скоплений микрорыхлот в зоне сплавления и обеспечить более высокий уровень прочности, пластичности и вязкости сварных соединений плит сплава 1565чМ потребовало дополнительного исследования присадок с различным содержанием магния и скандия в качестве эффективного модификатора [1–5].

Для этого на основании присадочных проволок СвАМг4 и СвАМг63 были изготовлены присадки с дополнительным легированием скандием, титаном, цирконием и другими элементами (таблица 1).

Таблица 1

Химический состав присадочных проволок

Присадочная проволока		Содержание легирующих элементов, мас. %					
Номер	Тип	Mg	Mn	Zr	Sc	Cr	Ti
1	АМг63	6,0	0,65	0,23	–	–	–
2	АМг63+Sc	6,3	0,62	0,22	0,16	–	–
3	АМг63+Sc	6,2	0,60	0,23	0,30	–	–
4	АМг4	4,65	0,66	–	–	0,15	0,11
5	АМг4+Sc	4,33	0,57	–	0,16	0,16	0,12
6	АМг4+Sc	4,51	0,59	–	0,30	0,16	0,11

Методика проведения испытания предусматривала аргонодуговую сварку технологических проб ручным и механизированным способом дуговой сварки. Для этого имитировали сварку обычных стыковых соединений различной толщины и подварку дефектных мест путем заплавки лунок диаметром 22 мм и глубиной 8 мм. Основной металл и сварные соединения подвергали испытанию в соответствии с режимом «тепловой пробы» при нагреве до 580 °С с выдержкой в течение 15 минут.

Были также сварены образцы технологической пробы «рыбий скелет» для определения вероятности образования горячих трещин в металле шва и в зоне сплавления его с основным металлом при использовании присадок различного химического состава.

Подготовка свариваемых кромок и присадочной проволоки перед сваркой осуществляли по традиционной технологии, включающей химическое травление сварочных материалов и механическое удаление поверхностного слоя со свариваемых кромок на глубину до 0,05 мм. Для предотвращения пористости сварных соединений корень шва защищали гибкой лентой толщиной 0,15 мм из стали 12Х18Н10Т, которую плотно прижимали к стыку. Сварку выполняли на технологической подкладке с формирующей канавкой. В качестве защитного газа применяли аргон высшего сорта.

Результаты исследования показали, что во всех вариантах сварки ручным и механизированным способом стыковых швов, и наплавок по лункам «горячие» и «холодные» трещины в металле шва и в зоне сплавления отсутствуют. В зонах термического влияния на границе сплавления металла шва с основным металлом обнаруживаются скопления микрорыхлот и локальные отдельные микрорыхлоты, обусловленные как исходной структурной неоднородностью свариваемых полуфабрикатов, так и составом присадочного металла.

В структуре прессованных полос и плит наряду с мелкодисперсными выделениями вторичных фаз содержатся строчечные выделения интерметаллидов, унаследованных от первичной структуры слитков. Размер отдельных включений достигает 0,5 мм.

Подвергаясь термическому воздействию в процессе сварки включения интерметаллидов преобразуются в легкоплавкую эвтектику, которая мигрируя в межзеренных промежутках и взаимодействуя с основной фазой, в конечном итоге после затвердевания образует пустоты. С повышением количества магния структурная неоднородность полуфабриката и вероятность образования микрорыхлот при нагреве выше температуры солидуса существенно возрастает.

Скопления микрорыхлот образуются в зоне твердо-жидкого состояния свариваемого металла и переходят на границу сплавления с металлом шва. В зависимости от соотношения температур затвердевания основного и присадочного металла количество таких пустот в зоне сплавления может существенно варьироваться. Так, в стыковых соединениях плит и прессполос и в наплавленных лунках на прессполосе при ручной многопроходной сварке с присадочной проволокой СвАМг3 формируются более грубые несплошности, чем в случае применения присадок с более низкой температурой плавления (ВАЛ16, СвАМг63, СвАМг5 и СвАМг4) (рис. 1).

Следует, однако, иметь в виду, что повышение содержания магния в присадке приводит к увеличению рассеянной микрорыхлоты во всем объеме шва и особенно в местах перекрытия валиков наплавляемого металла при многопроходной сварке, что неблагоприятно отражается и на механических свойствах соединений. Наличие скандия в присадках типа СвАМг63 и СвАМг4 не оказало заметного влияния на плотность сварных соединений по сравнению с аналогичными присадками без скандия, а содержание магния в них от 4,5 до 6,2 мас. % обеспечивает плотную структуру соединений как на границе сплавления, так и в центральной части шва.

При содержании магния в присадке более 6% в зоне сплавления, включая участки твердо-жидкого состояния основного металла, образуется слой сплава с повышенным суммарным количеством магния, что приводит к интенсивному выделению ликватов при окислительном нагреве и последующему образованию микропустот при охлаждении.

Вероятность образования легкоплавкой эвтектики в сплаве 1565ч подтверждается диаграммой равновесного состояния и данными дифференциального термического анализа процесса плавления и кристаллизации. В зависимости от содержания магния и натрия тепловые эффекты ее кристаллизации наблюдаются в диапазоне температур 485–425 °С. Наиболее легкоплавкая фаза (440–425 °С) содержится в сплаве со средним содержанием натрия при повышенном содержании магния. Судя по количеству пиков на диаграммах ее количество не велико.

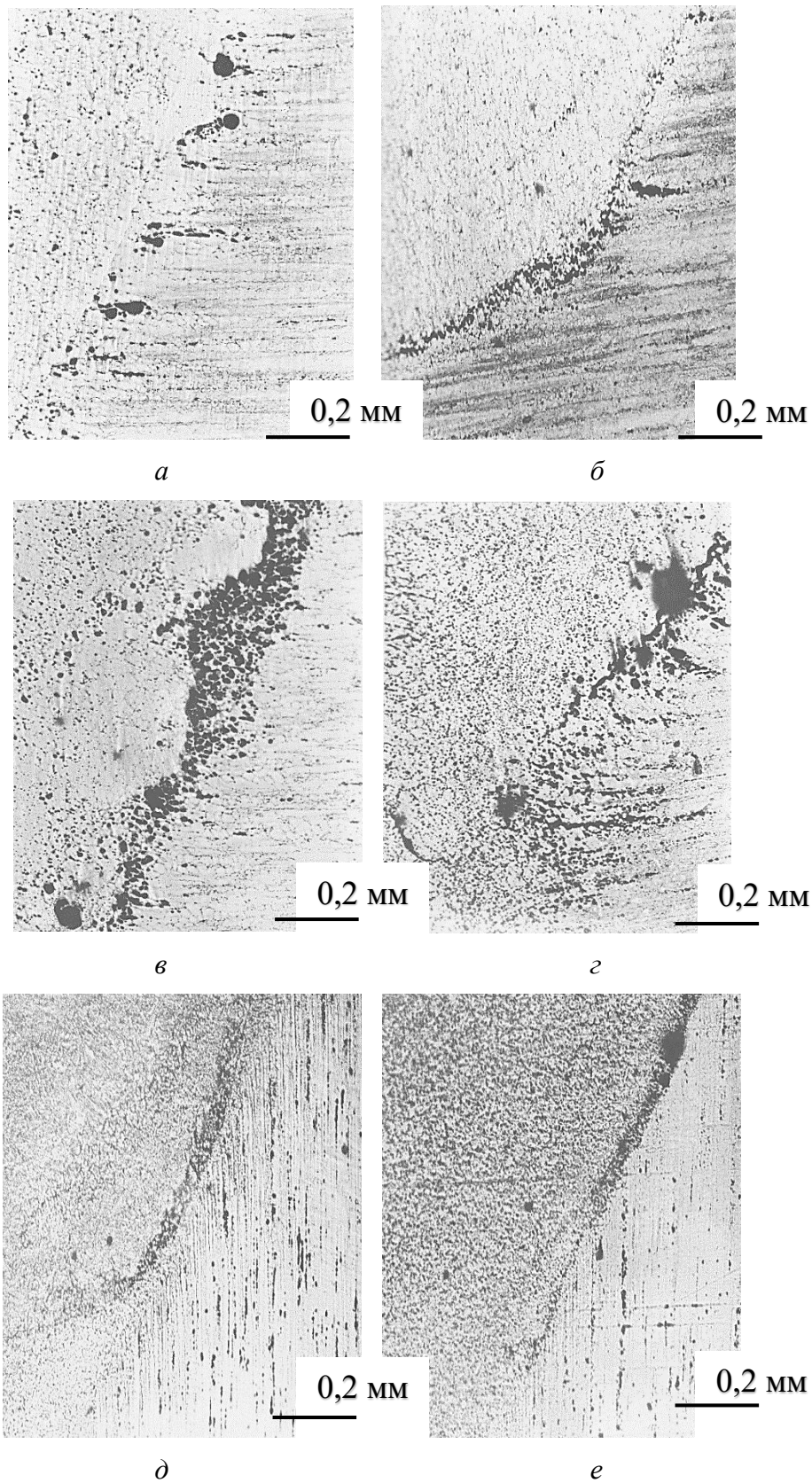


Рис. 1. Микроструктура в зоне сплавления основного металла (прессполоса) с присадочным различного состава при заваривании лунок:

а) присадка СвАМг63; б) присадка СвАМг5; в) присадка СвАМг4; г) СвАМг3; д) СвАМг63; е) ВАЛ16

Показатель склонности к образованию горячих трещин (К, %) при сварке сплава 1565ч и использованием сварочных проволок типа СвАмг63 и СвАмг4 значительно снизился по сравнению с результатами сварки с проволоками СвАМг6, СвАМг3 и присадкой из сплава 1565ч (рисунок 2).

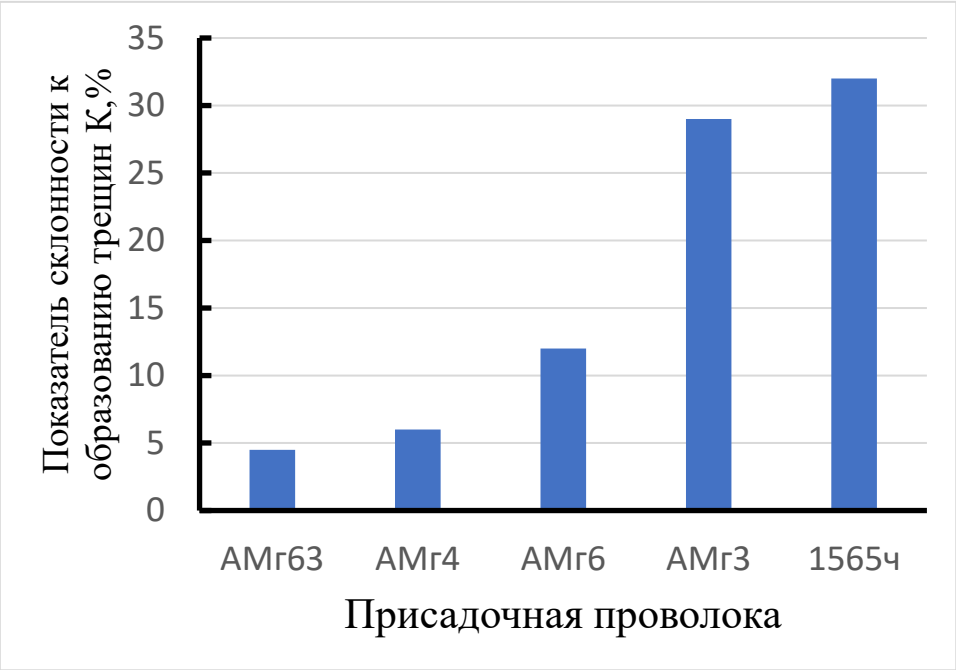


Рис. 2. Показатель склонности к образованию горячих трещин сплава 1565ч при сварке с различными присадочными проволоками

Что касается скандия в проволоках типа СвАМг4 и СвАМг63, то его влияние на горячеломкость швов проявляется при содержании в проволоке более 0,15 мас.%.

Результаты исследования позволили установить, что поверхности горячих трещин в металле шва представляют собой хрупкий межкристаллический разлом с упорядоченной дендритной структурой, а поверхность горячей трещины в зоне термического влияния отражает признаки хрупкого межзеренного разрушения основного металла, зернистая структура которого сохраняет признаки текстуры деформации.

В формировании микрорыхлот важную роль играет водород, содержащийся в свариваемом полуфабрикате. При использовании более тугоплавких, чем основной металл присадок, миграция водорода и насыщенных им ликватов из зоны термического влияния в шов и дальнейший выход газа в атмосферу могут быть затруднены вследствие закупоривающего эффекта. В этих условиях зона сплавления шва с основным металлом оказывается местом скопления и выделения водорода в виде микрорыхлот. При ручной многопроходной аргонодуговой сварке с проволокой СвАМг3 здесь обнаруживаются скопления водорода чаще, а среднее содержание его на участке анализа диаметром 0,3–0,4 мм на порядок оказывается большим, чем при сварке проволоками СвАМг6 и СвАМг8.

Чтобы уточнить рациональный химический состав присадочной проволоки проведены металлографические исследования и испытания механических свойств стыковых соединений плит, полученных, многопроходной ручной аргонодуговой сваркой (рисунок 3; таблица 2).

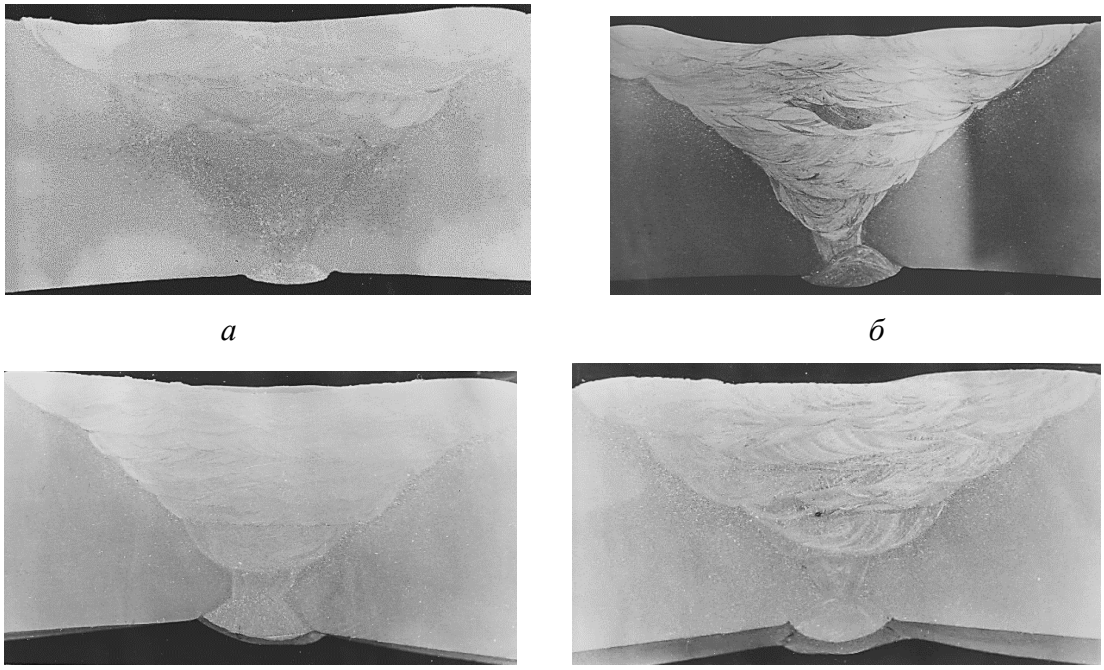


Рис. 3. Макроструктура стыковых соединений плит при ручной многопроходной сварке с различными присадками:
а) СвАМг63; б) СвАмг63+Sc; в) СвАМг4; г) СвАМг4+Sc (х2,5)

Таблица 2

Механические свойства образцов многопроходной ручной сварки при использовании различных присадок

Присадка	Временное сопротивление сварного соединения σВ, МПа	Угол изгиба α, град.	Ударная вязкость по шву *KCU*, Дж/см^2
СвАМг63	315–321 318,5	29–36 32	5–6 5,5
СвАМг63+Sc	322–325 323,5	31–34 33	5–7 6,3
СвАМг4	271–282 276	17–24 22	4,5–6,1 5,2
СвАМг4+Sc	274–293 289,4	22–27 25	5,2–11,3 7,4

Результаты испытаний этих образцов (таблица 2) показали, что сварочная проволока как со скандием, так и без него, обеспечивает лучшее сочетание характеристик, прочности, пластичности и вязкости, а проволока СвАМг4, уступая по прочности швов, не показала преимуществ по пластичности и вязкости соединений. Такое обстоятельство обеспечивается тем, что

при ручной сварке с присадкой СвАМг4 и СвАМг4+Sc в зоне сплавления обнаруживается больше рыхлот, чем при сварке с присадками СвАМг63 и СвАМг63+Sc (рисунок 4).

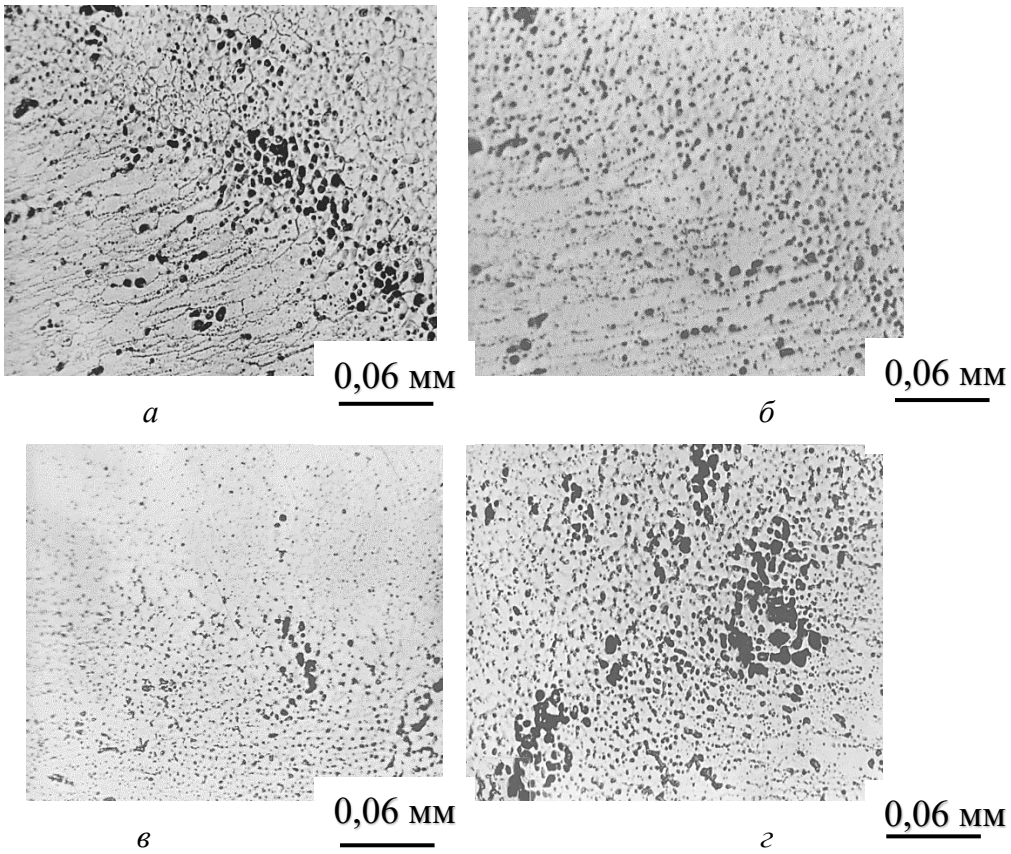


Рис. 4. Микроструктура в зоне сплавления основного металла (плита) с присадочным металлом различного состава при ручной многопроходной сварке стыковых соединений: а – СвАМг63; б – СвАМг63 + Sc; в – СвАМг4; г – СвАМг4 + Sc;

Важно отметить, что применение присадок с 4% магния позволило повысить до 6–12 Дж/см^2 ударную вязкость сварных соединений в зоне сплавления, то есть в том месте, где она имеет наиболее низкие значения, порядка 4–8 Дж/см^2 при сварке присадками типа АМг6 и АМг8 (ВАЛ16).

Как отмечалось, такой результат стал возможным благодаря перераспределению магния в зоне сплавления. При этом на участке основного металла, находившегося во время сварки в твердо–жидком состоянии, содержание магния плавно снижается от исходного до содержания его в прилегающих слоях металла шва, а в структуре этой зоны наблюдается уменьшение количества выделений вторичной фазы.

С учетом того, что при ручной многопроходной сварке в случае применения присадок с пониженным содержанием магния увеличивается опасность образования микрорыхлот в зоне сплавления, то сварку стыковых соединений плит целесообразно выполнять с присадками САМг63 и СвАМг63+Sc.

Таким образом, опираясь на результаты проведенных исследований, можно отметить:

1. Присадочные проволоки с содержанием магния на уровне 5,5–6,2% обеспечивает необходимое качество сварного соединения плит сплава 1565чМ при ручной многопроходной аргонодуговой сварке.

2. Присадки с содержанием магния на уровне 3,5–4,2% позволяют повысить пластичность и вязкость соединений. Однако, в зоне сплавления наблюдается формирование рыхлот, что отрицательно сказывается на прочностных свойствах соединений.

3. Легирование присадочной проволоки скандием способствует повышению механических свойств металла шва при многопроходной сварке.

4. При испытаниях сварных соединений плит сплава 1565чМ, выполненных многопроходной ручной аргонодуговой сваркой, разрушение образцов наблюдалось по зоне термического влияния. Коэффициент прочности соединений, выполненных ручной аргонодуговой сваркой, составил 0,96.

Список литературы

1. Дриц М.Е., Бысов Ю.Г., Торопова Л.С. Влияние дисперсности фазы на упрочнение сплава Al–6,3%Mg– 0,21% Sc. // Металловедение и термическая обработка металлов. 1985 – №4. – С.48–50.

2. Филатов Ю.А. Промышленные сплавы на основе системы Al–Mg–Sc // Технология легких сплавов. 1996. № 3. С. 30–35.

3. Влияние скандия на физико-химические свойства сплава АМг4 / С. Ж. Иброхимов [и др.] // Изв. Самарского науч. центра Рос. акад. наук. 2014. Т. 16, № 4. – С. 256–260.

4. Давыдов В.Г., Елагин В.И., Захаров В.В., Ростова Т.Д. О легировании алюминиевых сплавов добавками скандия и циркония // Металловедение и термическая обработка металлов. 1996. № 8. С. 25–30.

5. Дриц А.М., Овчинников В.В. Сварка алюминиевых сплавов. – М:, «Руда и металлы», 2020. – 444 с.

Резцов Р.Б.
аспирант
Московский политехнический университет
Россия, Москва
anikron_91@mail.ru
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
Московский политехнический университет
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ШТИФТА ИНСТРУМЕНТА ПРИ СВАРКЕ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ НА КАЧЕСТВО СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ СПЛАВА 1565Ч

Аннотация. В представленной статье приведены результаты экспериментальных исследований сварки трением с перемешиванием листовых заготовок из алюминиевого сплава

1565чМ и выборе рациональной геометрии стержня (пина) для получения качественных сварных соединений. Были испытаны стержни в форме цилиндра и усеченного конуса с углами. Рассматривались штифты в форме цилиндра и усеченного конуса с углами конуса α = 10, 20 и 30°. Инструмент был изготовлен из стали Р6М5. Сварка трением с перемешиванием (СТП) осуществлялась при частоте вращения инструмента 850 об/мин при скорости сварки 100 мм/мин и осевом усилии на инструмент 22 кН. Результаты экспериментов показали, что интенсивность перемещения пластифицированного материала заготовки существенно зависит от формы стержня и различается по толщине заготовки. В корневой части соединения при любой форме стержня металл практически не подвергается перемешиванию. Из всех изученных форм стержня для СТП наиболее предпочтительной является форма в виде усеченного конуса с углом 8–11°. При данной форме стержня наблюдается наиболее интенсивное перемещение металла в сторону корневой части зоны перемешивания, что позволяет получить качественное сварное соединение.

Ключевые слова: алюминиевый сплав, сварка трением с перемешиванием, инструмент, форма инструмента, стержень, угол конуса, качество соединений.

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
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

INFLUENCE OF THE SHAPE OF THE TOOL PIN IN FRICTION STIR WELDING ON THE QUALITY OF THE WELDED JOINT OF ALLOY 1565H

Abstract. The presented article presents the results of experimental studies of friction welding with stirring of sheet blanks made of aluminum alloy 1565chM and the choice of a rational rod geometry (pin) to obtain high-quality welded joints. Rods in the form of a cylinder and a truncated cone with corners were tested. Cylinder and truncated cone pins with cone angles of α = 10, 20 and 30° were considered (STP) was carried out at a tool speed of 850 rpm at a welding speed of 100 mm/min and an axial force per tool of 22 kN. The results of the experiments showed that the intensity of movement of the plasticized material of the workpiece significantly depends on the shape of the rod and differs in the thickness of the workpiece. In the root part of the joint, in any shape of the rod, the metal is practically not mixed. Of all the studied rod shapes for STP, the most preferable is the shape in the form of a truncated cone with an angle of 8–11°. With this shape of the rod, the most intensive movement of metal towards the root part of the mixing zone is observed, which makes it possible to obtain a high-quality welded joint.

Keywords: aluminum alloy, friction stir welding, tool, tool shape, rod, cone angle, quality of joints.

Сварка трением с перемешиванием (FSW) широко применяется в различных отраслях промышленности для соединения металлов и сплавов,

слабо подверженных традиционным видам сварки [1–2]. FSW в основном используется для соединения материалов с относительно низкой температурой плавления, в первую очередь алюминиевых сплавов. По этой технологии заготовки из листового металла свариваются с помощью сил трения, создаваемых инструментом [3–4], который состоит из заплечика и стержня (пина).

Стержень вводится в стык свариваемых заготовок на глубину, примерно равную их толщине, так, чтобы заплечик касался поверхностей заготовок. Далее инструмент, вращаясь с большой скоростью, перемещается по линии сращивания двух жестко закрепленных заготовок. В результате работы сил трения скольжения на контактных поверхностях «заплечик-заготовка» и «стержень-заготовка» происходит фрикционный нагрев металла до пластичного состояния, что позволяет инструменту его перемешивать. Объем материала, в котором формируется шов, ограничен сверху заплечиком.

Выбор рациональной геометрической формы стержня является важным фактором, относящимся к основным параметрам режима СТП, поскольку он влияет на тепловыделение, поток материала, усилия и другие выходные характеристики.

В данной работе приводятся результаты исследований по выбору рациональной формы стержня (пина) за счет изменения угла его конусности при СТП листовых заготовок алюминиевого сплава 1565чМ толщиной 5 мм.

Сварку трением с перемешиванием листовых заготовок исследуемого сплава осуществляли в специальном приспособлении, установленном на рабочем столе лабораторного стенда для СТП алюминиевых сплавов.

Процесс СТП алюминиевых сплавов включает в себя две стадии. На первой стадии стержень погружался в заготовку, при этом ось рабочего инструмента наклонялась под углом 2° относительно нормали к поверхности заготовки. Глубина погружения составила 4,8 мм, скорость погружения – 1,5 мм/с. На втором этапе сварка выполнялась при скорости движения инструмента v = 100 мм/мин, частоте вращения ω = 850 об/мин и осевом усилии P = 22 кН (рис. 1).

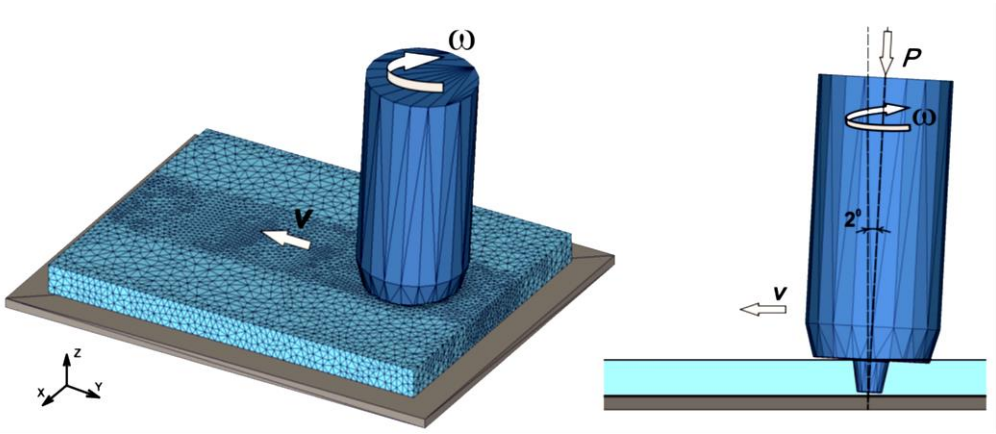


Рис. 1. Схема процесса СТП листовых заготовок алюминиевого сплава 1565чМ

Исходя из результатов анализа диаграмм распределения полей абсолютных скоростей частиц в материале заготовки вблизи инструмента, можно сказать, что для α = 0° и α =10° на поверхности заготовки в зоне ее соприкосновения с заплечиком наблюдается поле с наибольшими значениями скорости перемещения пластифицированного металла заготовки. С увеличением угла конусности стержня α область максимальных скоростей смещается вглубь заготовки к корневой части соединения. При α = 20° и α = 30° наблюдается очень неоднородное распределение скоростей частиц вдоль длины стержня рабочего инструмента (от 180 мм/с у лицевой поверхности соединения до 20 мм/с в нижней части стержня).

Эксперименты показали, что для всех значений угла конусности α максимальные перемещения наблюдаются в верхней области свариваемой заготовки. Это связано с тем, что изначально поверхность заготовки соприкасается с заплечиком инструмента. Из-за возникновения сил трения поверхность заготовки начинает сильно нагреваться, и, вследствие совместного действия поля сил, происходит пластическая деформация металла.

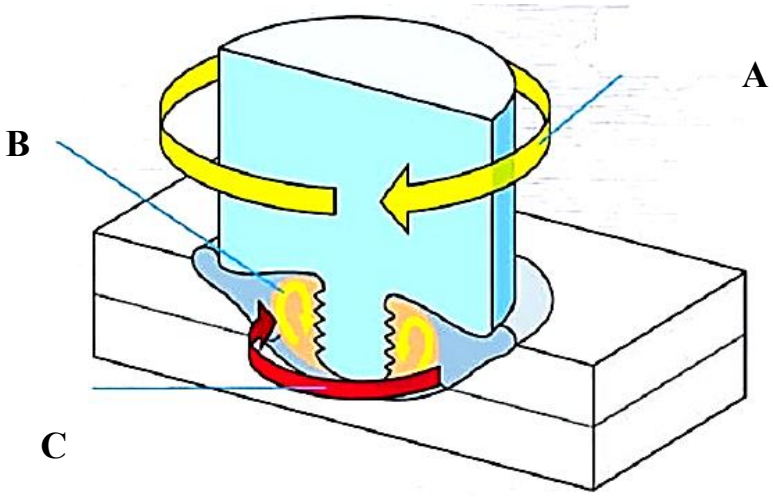
В средней части соединения пластифицированный материал заготовки соприкасается со стержнем рабочего инструмента. Причем в корневой части соединения стержень рабочего инструмента практически не участвует в перемешивании металла заготовки. При углах конусности стержня рабочего инструмента α = 0° и α =10° в направлении, поперечном по отношению к зоне перемешивания, смещение металла не превышает 3,2–3,6 мм.

По мере увеличения угла конусности α увеличиваются значения смещений пластифицированного металла, а также возрастает неоднородность их распределения по оси стержня. Для α = 20° и 30° смещения вблизи заплечика достигают 4,78 и 5,95 мм соответственно, в то время как в нижней части стержня смещения для этих углов составляют всего 1,57 мм. Это связано с тем, что с увеличением угла наклона конуса площадь стержня увеличивается, а площадь заплечика уменьшается, что приводит к увеличению смещений металла в поперечном направлении к зоне перемешивания.

При СТП основной приток тепловой энергии в соединение осуществляется заплечиком, в то время как стержень рабочего инструмента способствует распространению тепла и пластической деформации по толщине заготовки, а также интенсифицирует процесс активации свариваемых поверхностей. Поступление материала к корню шва создает дополнительные сжимающие усилия, способствующие уплотнению металла зоны перемешивания. В связи с этим наиболее благоприятной считается форма штифта, осуществляющая наибольшее смещение материала заготовки в вертикальном направлении, т.е. в сторону корня сварного шва.

Таким образом, наиболее эффективным следует считать стержень с углом конуса α =10°. Распределение скоростей и перемещений частиц на таком штифте более равномерно, чем у штифтов, имеющих углы конуса α = 20° и α = 30°. Штифт с α=10° реализовывать максимальные вертикальные переме-

щения пластифицированного металла в направлении корня шва, что увеличивает площадь перемешивания (рис. 2). Инструмент с углом конусности стержня α = 10° также позволяет получить наиболее симметричный шов относительно его вертикальной оси.



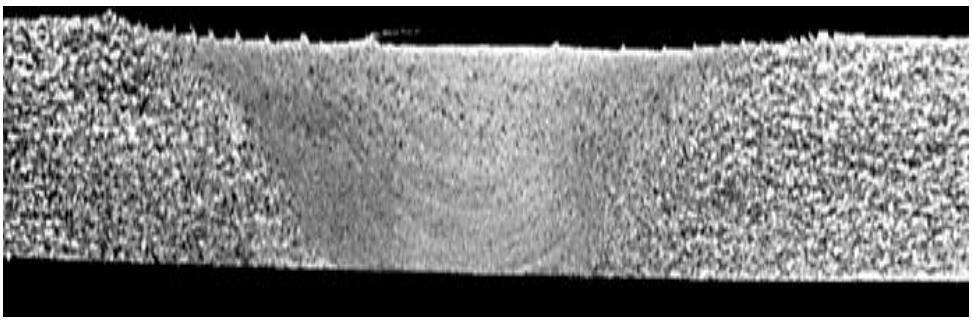
б

Рис. 2. Направление течения (а) и результирующие потоки (б) пластифицированного металла в процессе сварки трением с перемешиванием:
1 – поступление материала под заплечник; 2 – зона заплечника; 3 – зона экструзии; 4 – зона завихрения; 5 – зона начальной деформации; 6 – зона предварительного нагрева; 7 – зона проковки; $V_{св}$ – скорость сварки;
A – вращение инструмента; B – движение пластифицированного металла в осевом направлении; C – движение пластифицированного металла в направлении вращения инструмента

На рисунке 3 приведены макроструктура соединений, выполненных инструментом со стержнями с различным углом конусности. Можно отметить, что при угле конусности стержня рабочего инструмента в диапазоне 0–11° обеспечивается формирование плотной бездефектной структуры зоны перемешивания.

Таким образом, экспериментально исследовано влияние геометрической формы стержня рабочего инструмента при сварке трением с перемешиванием на выходные параметры процесса, такие как направление течения пластифицированного материала и абсолютная скорость его перемещения.

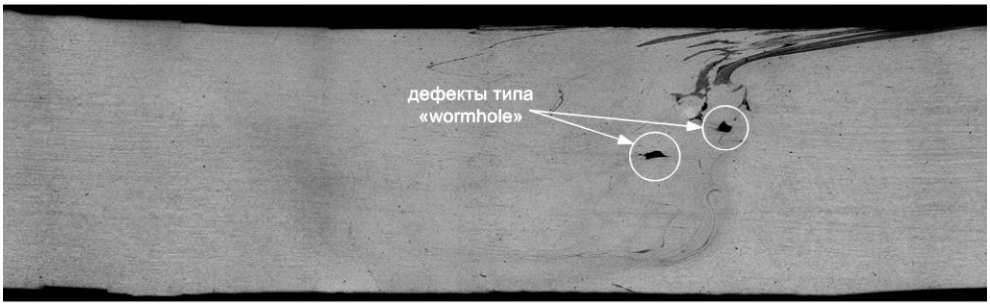
Установлено, что интенсивность потока материала зависит от формы стержня. Материал в корневой области соединения практически не перемешивается для всех углов конусности усеченного конусообразного стержня, в отличие от средней и верхней областей заготовки, где материал заметно перемешивается.



а



б



в



г

Рис. 3. Макроструктура соединений сплава 1565чМ, выполненных инструментом с углом конусности стержня:
а) α = 0; б) α = 10°; в) α = 10°; г) α = 30°

Из всех рассмотренных форм стержней наиболее предпочтительным для СТП является стержень в виде усеченного конуса с углом конуса 10–11°, поскольку он обеспечивает хорошее перемешивание пластифицированного металла в плоскости свариваемой заготовки, интенсивное течение металла в сторону корня шва, а также позволяет получить наиболее симметричный шов.

Список литературы

1. Дриц А.М., Овчинников В.В. Сварка алюминиевых сплавов (монография). 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство «Руда и металлы», 2020. – 476 с. ISBN 978-5-98191-088-3.

2. Jana S. Effect of process parameters on abnormal grain growth during friction stir processing of a cast Al alloy / S. Jana, R.S. Mishra, J.A. Baumann, G. Grant // Materials Science and Engineering: A. – 2010. – Vol. 528. – P. 189-199.

3. Leal R.M. Defects Formation in Friction Stir Welding of Aluminium Alloys / R.M. Leal, A. Loureiro // Materials Science Forum. – 2004. – Vols. 455-456. – P. 299-302.

4. Ke L. Material flow patterns and cavity model in friction-stir welding of aluminum alloys / L. Ke, L.I. Xing, J.E. Indacochea // Metallurgical and Materials Transactions B. – 2004. – Vol. 35. – P. 153–160.

Слезко М.Ю.
инженер
Московский политехнический университет
Россия, Москва
slezkomy@yandex.ru
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
Московский политехнический университет
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИИОННЫМ ПУЧКОМ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ СПЛАВА ВТ1-0

Аннотация. Установлено, что термомеханическая обработка, включающая прессование заготовки из титанового сплава ВТ1-0 в равноканальный ручей и последующей раскатки заготовки при варьировании температуры нагрева позволяет увеличить временное сопротивление с 410 МПа (ВТ1-0 в состоянии поставки) до 735 МПа, которая составила 85% от значения временного сопротивления прутка сплава ВТ6 (ГОСТ 26492–85). Это позволяет рекомендовать наноструктурированный титановый сплав ВТ1-0 (со средним размером зерна 51–85 нм) для изготовления имплантатов. На основании результатов испытаний на сухое трение выявлен более интенсивный износ наноструктурированного титанового сплава ВТ1-0 с размером зерна 51–85 нм по сравнению с образцами сплава с крупным зерном (765 нм) в одинаковых условиях испытаний. Установлено, что имплантация ионов меди и серебра в УМЗ титановый сплав ВТ1-0 со средним размером зерна 51–85 нм при флюенсе $2{,}3 \cdot 10^{18}$ $см^{-2}$ способствует снижению массового износа при сухом трении примерно на 26–28%. Экспериментально показано, что при имплантации поверхности мишени из сплава ВТ1-0 кластерными ионами аргона $Ar_{(500)}$ с флюенсом имплантации $2{,}5 \cdot 10^{16}$ $см^{-2}$достигается значительное снижение шероховатости поверхности.

Ключевые слова: титановые сплавы, термомеханическая обработка, ультрамелкое зерно, ионная имплантация, кластерные ионы.

Slezko M.Yu.
Engineer
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
slezkomy@yandex.ru
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

EFFECT OF SURFACE MODIFICATION BY POLYION BEAM ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF MEDICAL DEVICES MADE OF VT1-0 ALLOY

Abstract. It has been established that thermomechanical treatment, including pressing a billet made of titanium alloy VT1-0 into an equal-channel stream and subsequent rolling of the billet while varying the heating temperature, makes it possible to increase the time resistance from 410 MPa (VT1-0 in the delivery state) to 735 MPa, which is 85% of the value of the temporary resistance of the VT6 alloy bar (GOST 26492–85). This allows us to recommend the VT1-0 nanostructured titanium alloy (with an average grain size of 51-85 nm) for the manufacture of implants. Based on the results of dry friction tests, more intensive wear of the VT1-0 nanostructured titanium alloy with a grain size of 51–85 nm was revealed compared to samples of an alloy with a large grain (765 nm) under the same test conditions. It was found that the implantation of copper and silver ions in UMP titanium alloy VT1-0 with an average grain size of 51–85 nm at a fluence of 2.3•1018 cm^{-2} contributes to a decrease in mass wear during dry friction by about 26–28%. It has been experimentally shown that when implanting the surface of a target made of VT1-0 alloy with $Ar_{(500)}$ cluster ions of argon with an implantation fluence of $2.5•10^{16}$ $cm^{-2,}$ a significant reduction in surface roughness is achieved.

Keywords: titanium alloys, thermomechanical processing, ultrafine grain, ion implantation, cluster ions.

Развитие дентальной имплантации и челюстно-лицевой хирургии связано с разработкой различных конструкций металлических имплантатов из титановых сплавов. При изготовлении имплантатов важен выбор оптимального материала для их изготовления, который решают на протяжении многих лет.

Для производства дентальных и челюстно-лицевых имплантатов применяют технически чистый титан марок ВТ1-0 и ВТ1-00 (ГОСТ 19807–91). За рубежом помимо технически чистого титана используется титановый сплав Ti-6AI-4V (ASTM, ISO), аналогом которого является отечественный сплава ВТ6.

Прочностные свойства указанного сплава достигаются за счет легирования алюминием и ванадием. Содержащийся в сплаве ВТ6 ванадий оказывает токсическое действие на биологические объекты. Поэтому актуальным становится повышение прочностных свойств сплавов ВТ1-0 и ВТ1-00,

например, за счет равноканального углового прессования и пластической деформации, позволяющее получить ультрамелкозернистую структуру (УМЗ) (45–90 нм) в сплаве и повысить временное сопротивление (а также условный предел текучести) примерно в 1,5 раза.

Помимо прочностных свойств материала на характеристики работоспособности имплантатов из титановых сплавов и процессы остеоинтеграции важную роль играет состояние их поверхности. В настоящее время за счет модификации поверхности имплантатов решают следующие проблемы:

– улучшение антибактериальных свойств;

– повышение остеоинтеграции;

– повышение износостойкости.

Среди металлов антибактериальным действием обладают серебро и медь, особенно в виде наночастиц. Поэтому введение в поверхностный слой титанового имплантата наночастиц указанных металлов будет способствовать предотвращению развития микроорганизмов в области контакта имплантата и костной ткани и обеспечит профилактику бактериальных инфекций.

В этой связи весьма актуальным является создание покрытий внутреннего типа на поверхности имплантата из титанового сплава ВТ1-0, содержащих наночастицы меди и серебра, посредством ионной имплантации.

Однако, создание таких модифицированных поверхностей с повышенным комплексом функциональных свойств для материалов с УМЗ структурой и высокими механическими свойствами практически не рассмотрено.

Поэтому проведение исследований физико-механических свойств наноструктур титанового сплава ВТ1-0, получаемых с помощью метода интенсивной пластической деформации, а также свойств таких структур после формирования внутренних покрытий на основе наночастиц меди и серебра при ионном облучении, представляется достаточно актуальным.

Для обеспечения остеоинтеграции имплантата с костной тканью по результатам многочисленных исследований необходимо поверхности титанового имплантата придавать определенный микрорельеф. Для решения данной задачи перспективно применение ионной имплантации потоком ускоренных кластерных ионов аргона.

Важным аспектом успешности установки титанового имплантата является предотвращение возникновения периимплантной инфекции на границе поверхности имплантата и костной ткани. Для предотвращения периимплантной инфекции целесообразно формирование в поверхностном слое имплантата наночастиц меди и серебра. Для этой цели может быть применен процесс ионной имплантации, а также комбинированная технология на основе магнетронного распыления и ионного перемешивания.

Зеренная структура была сформирована с помощью термомеханической обработки, включающей прессование заготовки в равноканальный ручей и последующей раскатки заготовки при варьировании температуры нагрева. После этапа прессования заготовки титана деформировали многоходовой прокаткой в ручьевых валках при комнатной температуре. Величина

накопленной деформации при прокатке составляла e = 0,56. Для получения разного размера зерна образцы отжигались в атмосфере аргона при температурах 573; 673; 723; 743; 773; 823 К в течение 1 часа. Механические свойства и параметры структуры сплава ВТ1-0 после термомеханической обработки приведены в таблице 1.

Из таблицы 1 следует, что термомеханическая обработка позволила уменьшить средний размер зерна в заготовке сплава ВТ1-0 до 51–85 нм. При этом временное сопротивление увеличилось с 410 МПа (ВТ1-0 в состоянии поставки) до 735 МПа, которая составила 85% от значения временного сопротивления прутка сплава ВТ6 (ГОСТ 26492-85). Это позволяет применить наноструктурированный титановый сплав ВТ1-0 для изготовления дентальных имплантатов.

Таблица 1

Механические свойства и параметры структуры сплава ВТ1-0 после термомеханической обработки

Параметр структуры	Технологическая схема получения материала			
	Серийная	Прессование (500–850°С, E≈7,5)	Прессование (500–850 °С, e ≈ 7,5) + многопроходная прокатка (20 ºС, e≈0,52)	Прессование (500–850 °С, e ≈ 7,5) + многопроходная прокатка (300 ºС, e≈ 1,92)
1	*2*	*3*	*4*	*5*
$d_{ср}$, нм	765	275	85	51
ρ, 10^9 см$^{-2}$	3,1	3,3	46	1,8
$\sigma_в$, МПа	410	580	642	735
$\sigma_{0,2}$, МПа	255	542	445	450
δ, %	22,3	18	12	14
$H_μ$, МПа	1900	2100	2800	2700
$d_{ср}$ – средний размер зерен, ρ – скалярная плотность дислокаций, $\sigma_в$ – предел прочности, $\sigma_{0,2}$ – условный предел текучести, δ – деформация при разрушении, $H_μ$ – твердость.				

Проведенные исследования по анализу топологии поверхности показали, что у образцов УМЗ титанового сплава ВТ1-0 с максимальная высота шероховатости поверхности составила 247,5 нм, в то время как у сплава ВТ1-0 в КЗ состоянии она находилась на уровне 32,7 нм.

Для предотвращения возникновения периимплантной инфекции на границе поверхности имплантата и костной ткани по имеющимся литературным данным рекомендуется внедрение в поверхность имплантата серебра и меди в концентрациях 7–9 и 20–25 ат.% соответственно. Указанные концентрации ионов серебра и меди могут быть достигнуты за счет использования ионной имплантации в определенном интервале значений флюенса облучения.

Результаты экспериментов показали, что при ионной имплантации в поверхностном слое титанового сплава ВТ1-0 с различным средним размером зерна в структуре присутствует область с повышенной их содержанием (пик концентрации) внедряемых ионов меди и серебра (рис. 1).

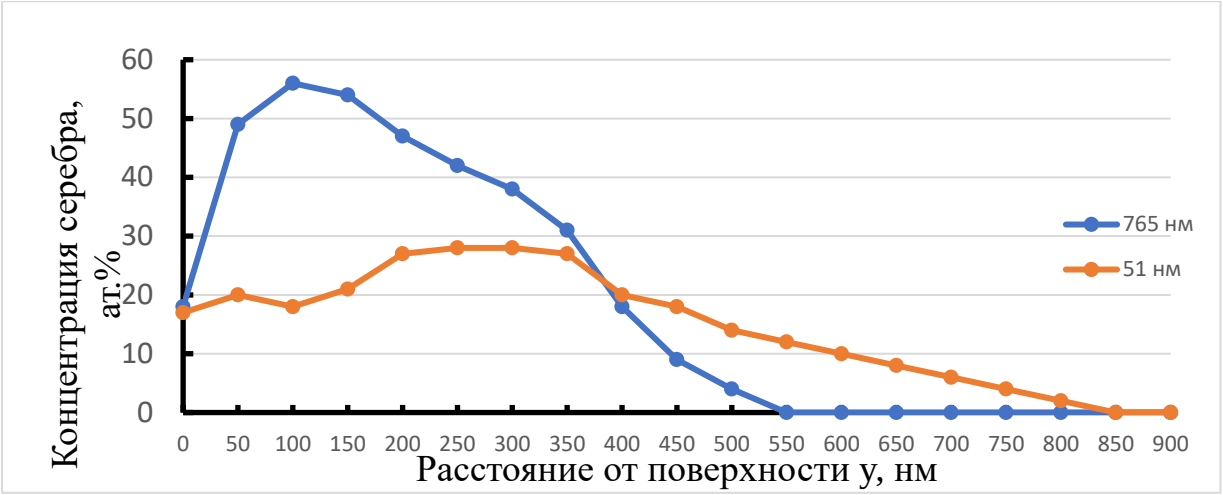


Рис. 1. Концентрационные ОЖЭ-спсктры легирующего элемента – серебра в поверхностных слоях сплава ВТ1-0 с различной зеренной структурой (флюенс имплантации 2,3×10^{18} см$^{-2}$)

При одинаковом значении флюенса имплантации глубина проникания ионов серебра в мишень из наноструктурного сплава ВТ1-0 существенно больше, хотя значение пиковой концентрации серебра меньше (28 ат.% против 56 ат. % для крупнозернистого сплава ВТ1-0).

Для совместной имплантации ионов меди и серебра методом порошковой металлургии путем прессования из порошков был изготовлен материал катода имплантера с соотношением меди и серебра 50:50. Значения флюенса облучения задавались в диапазоне 5•10^{16} – 2,3•10^{18} см$^{-2}$. Значения максимальных концентраций меди и серебра, а также толщины ионно-легированного слоя в зависимости от флюенса совместной имплантации приведены в таблице 2.

Таблица 2

Концентрация имплантируемых элементов и толщина ионно-легированного слоя титанового сплава ВТ1-0 в зависимости от флюенса имплантации

Флюенс имплантации, см$^{-2}$	Средний размер зерна 765 нм			Средний размер зерна 51 нм		
	Концентрация элементов, ат. %		Толщина ионно-легированного слоя, нм	Концентрация элементов, ат. %		Толщина ионно-легированного слоя, нм
	серебро	медь		серебро	медь	
5•10^{16}	26	19	70	15	11	350
1,3•10^{17}	37	25	180	21	15	550
5,5 •10^{17}	45	38	320	27	20	700
2,3•10^{18}	56	44	550	38	33	850

Можно отметить, что повышение флюенса одновременной имплантации ионов меди и серебра способствует увеличению толщины ионно-легированного слоя и максимальной концентрации внедряемых элементов в нем. При

одинаковых значениях флюенса имплантации глубина проникания внедряемых ионов в титановый сплав ВТ1-0 со средним размером зерна 51 нм превышает глубину проникания в сплав со средним размером зерна 765 нм.

На основе исследований с помощью ПЭМ в КЗ сплаве ВТ1-0 после шлифования и до облучения скалярная плотность дислокаций находилась на уровне $4{,}25 \cdot 10^9$ см$^{-2}$. Облучение мишени из сплава ВТ1-0 ионами меди и серебра с флюенсом $1{,}5 \cdot 10^{17}$ см$^{-2}$ приводит росту скалярной плотности дислокаций до $6{,}8 \cdot 10^9$ см$^{-2}$. Дальнейшее увеличение флюенса облучения ионами меди и серебра до $5{,}5 \cdot 10^{17}$ и $2{,}3 \cdot 10^{18}$ см$^{-2}$ вызывает рост скалярной плотности дислокаций до $8{,}4 \cdot 10^9$ и $1{,}2 \cdot 10^{10}$ см$^{-2}$, соответственно. Наблюдается переход от хаотических скоплений дислокаций до клубковых образований. Аналогичные явления имеют место и при имплантации УМЗ титанового сплава ВТ1-0.

На толщину ионно-легированного слоя, а также концентрацию серебра и меди в нем, оказывает влияние химический состав материала катода имплантера. Была проведена серия экспериментов по влиянию состава материала катода имплантера на толщину и химический состав ионно-легированного слоя титанового сплава ВТ1-0. На основе полученных экспериментальных данных простроена регрессионная модель, связывающую концентрации серебра и меди в ионно-легированном слое с составом материала катода имплантера, флюенсом имплантации и средним размером зерна в облучаемом сплаве ВТ1-0. В качестве откликов данной математической модели по литературным данным были приняты концентрации серебра и меди в ионно-легированном слое 7–9 ат. % и 20–25 ат. % соответственно.

Антимикробное действие серебра широко известно. Эти определяется его применение в качестве поверхностного покрытия в имплантантах. Поэтому антибактериальная активность и нежелательные цитотоксические свойства имплантированного слоя определяются в первую очередь концентрацией серебра в ионно-легированном слое. Следует иметь в виду, что оптимальная концентрация серебра в ионно-легированном слое располагается в достаточно узком интервале (7–9 ат. %).

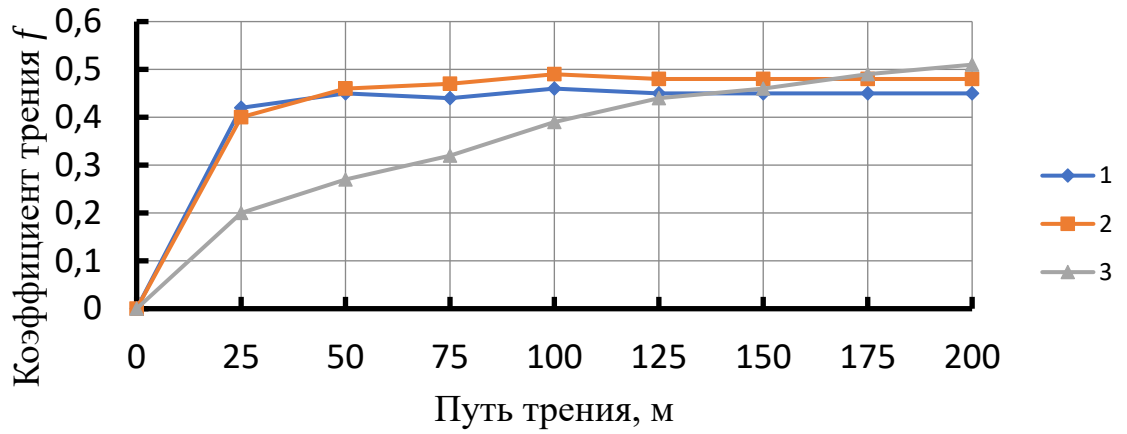
Медь оказывает влияние на активность лейкоцитов крови и протекание репарационных процессов. По литературным данным концентрация меди в ионно-легированном слое должна быть не менее 20 ат. %.

Имплантация ионов меди и серебра приводит к снижению шероховатости поверхности образца из сплава ВТ1-0 после токарной обработки начиная со значения флюенса имплантации $2{,}5 \cdot 10^{17}$ см$^{-2}$. Наблюдается снижение значения *Rz* с 648 нм до 332 нм (примерно 60% от исходной). Наблюдается некоторое увеличение волнистости поверхности образцов после имплантации ионов меди и серебра с флюенсом $2{,}5 \cdot 10^{17}$ см$^{-2}$ с 540 до 590 нм. Дальнейшее увеличение флюенса одновременной имплантации ионов меди и серебра способствует снижению волнистости поверхности образца до 480 нм при флюенсе $1 \cdot 10^{18}$ см$^{-2}$.

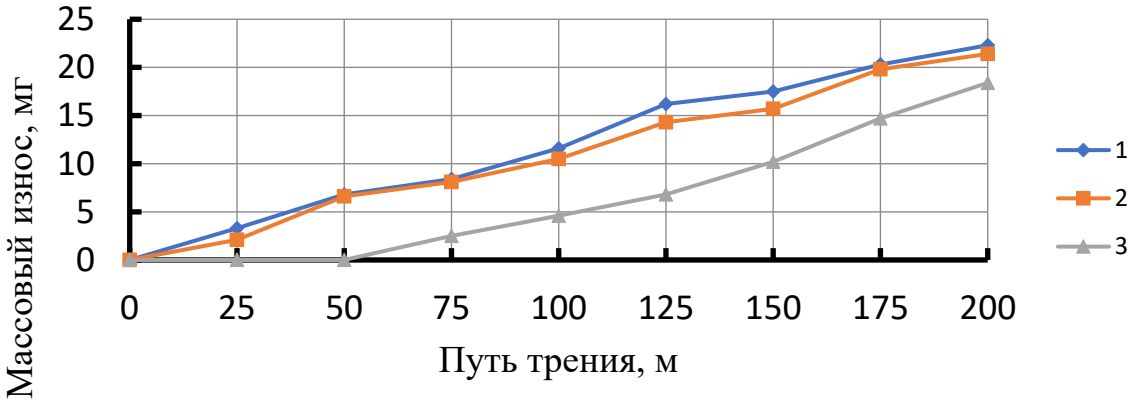
Результаты триботехнических испытаний представлены на рисунке 2. Установлено, что кривые накопленного массового износа для образцов сплава ВТ1-0 в крупнозернистом состоянии (765 нм) и с мелким зерном (51 нм) практически совпадают. Значения коэффициента трения образцов титанового сплава ВТ1-0 сохраняются на уровне $f \approx 0{,}5$.

Для создания рельефа поверхности имплантата из титанового сплава ВТ1-0 достаточно перспективным представляется использование высокодозовой имплантации ионами аргона. Одним из направлений создания требуемого рельефа поверхности титановых сплавов является их облучение потоком кластерных ионов аргона. Под кластером понимается система связанных между собой атомов или молекул какого-либо вещества.

При облучении поверхности мишени из сплава ВТ6 варьировали флюенс имплантации в диапазоне 10^{16}–10^{18} см$^{-2}$, энергию ионов от 20 до 60 кэВ и угол падения пучка на поверхность мишени в пределах 0–90°.



а



б

Рис. 2. Зависимости коэффициента трения (а) и массового износа (б) сплава ВТ1-0 после различных видов обработки:
1 – исходное состояние с размером зерна 765 нм; 2 – исходное состояние ВТ1-0 с размером зерна 51 нм; 3 –ионная имплантация медью и серебром с флюенсом $4{,}2\times10^{17}$ см$^{-2}$ сплава ВТ1-0 с размером зерна 51 мкм

Результаты экспериментов отразили увеличение коэффициента распыления с увеличением массы иона. Указанное увеличение наблюдается вплоть до энергий порядка 20 кэВ, а с превышением указанного энергетического порога отмечается снижение коэффициента распыления.

При столкновении иона с облучаемой поверхностью по нормали к ней, ион проникает вглубь мишени на большее расстояние, чем в том случае, если бы он сталкивался с мишенью по некоторым углом от нормали. Поэтому атомы мишени, получающие импульс от иона, падающего касательно к облучаемой поверхности, с большей вероятностью покинут мишень.

Облучение пучком некластерных (мономерных) ионов аргона предварительно полированной поверхности титановой мишени ВТ1-0 с начальной шероховатостью *R*z 140 нм установлено увеличение величины параметра шероховатости для всего диапазона значений флюенса имплантации. Можно отметить, что среднее значение шероховатости составило 190–250 нм при флюенсе в диапазоне $(2{,}5–7{,}5)\cdot10^{17}$см$^{-2}$.

Для осуществления целенаправленной модификации поверхности мишени из сплава ВТ1-0 возможно применение интенсивных потоков кластерных ионов с размером атомов до 500 с энергией до 30–40 кэВ и флюенсом облучения до 10^{16}–10^{17} см$^{-2}$.

Облучение ускоренным пучком кластерных ионов аргона поверхности мишени из титанового сплава ВТ1-0 показало, что уже при значении флюенса $2{,}5\times10^{16}$ см$^{-2}$ наблюдается начало процесса сглаживания рельефа поверхности подложки (таблица 3).

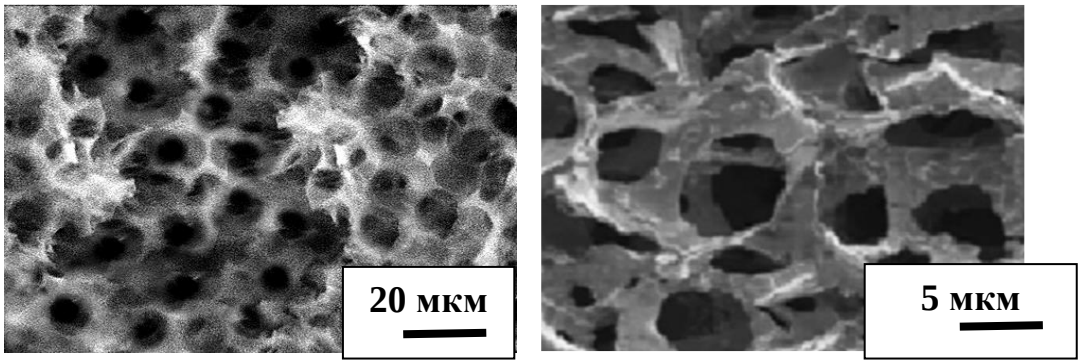
Таблица 3

Средняя шероховатость поверхности мишени ВТ1-0 после облучения кластерными ионами аргона $Ar_{(500)}$

Образец	Флюенс имплантации, см$^{-2}$	Средняя шероховатость Ra, нм	
		Полирование	Шлифование
Без имплантации	0	150	660
Имплантация кластерными ионами аргона	$2{,}5\times10^{16}$	20	92
	5×10^{16}	48	188
	$7{,}5\times10^{16}$	96	392
	1×10^{17}	188	820

Установлено, что при имплантации поверхности мишени из сплава ВТ1-0 кластерными ионами аргона $Ar_{(500)}$с флюенсом имплантации $2{,}5\times10^{16}$ см$^{-2}$достигается значительное снижение шероховатости поверхности. Увеличение значения флюенса облучения до $7{,}5\times10^{16}$ см$^{-2}$при направлении пучка кластерных ионов под углом 65–70° к нормали к поверхности мишени из титанового сплава ВТ1-0 сопровождается формированием рельефа с четко прослеживающимися блистерами – будущие поры – с характерными размерами (несколько мкм) и большой степенью регулярности.

Начиная с порогового значения флюенса облучения кластерными ионами аргона $Ar_{(500)}$ $9{,}2\times10^{16}$ $см^{-2}$ происходит формирование микропор в поверхностном слое титановой мишени из сплава ВТ1-0. Таким образом, создается микроструктура поверхности мишени из титанового сплава ВТ1-0 с диаметром микропор в диапазоне 9,5–11,2 мкм (рисунок 3).



а *б*

Рис. 3. Микроструктура поверхности мишени из титанового сплава ВТ1-0 после воздействия потока кластерных ионов $Ar_{(500)}$ с энергией 30 кэВ при флюенсе $5{,}3\cdot10^{16}$ $см^{-2}$. Угол падения пучка ионов 65° относительно нормали к поверхности мишени: а) КЗ с размером зерна 765 нм; б) УМЗ с размером зерна 51 нм

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что с увеличением значения флюенса предварительной имплантации аргона увеличивается глубина проникания ионов серебра в мишень из сплава ВТ1-0. При этом глубина проникания ионов серебра в случае предварительной имплантации кластерных ионов аргона превышает значения глубины проникания в титановый сплав ВТ1-0 при одинаковых значениях флюенса имплантации для предварительной имплантации не кластерными ионами аргона.

Образец, подвергнутый предварительной имплантации кластерными ионами аргона и последующей за этим имплантацией ионов меди и серебра (флюенс $5{,}5\cdot10^{17}$ $см^{-2}$) при напряжении цикла испытаний в 340 МПа, выдержал примерно в 2 раза большее количество циклов нагружения до разрушения (1,93–1,98) по сравнению с неимплантированным образцом.

Список литературы

1. V.V. Ovchinnikov, M.Yu. Slezko, A.G. Sbitnev, N.M. Petrova. Structural Influence of Preliminary Ultrasonic Machining on Implanted Surface Layers of Titanium Alloy. // Steel in Translation, 2023, Vol. 53, No. 8, pp. 665–673. DOI: 10.3103/S0967091223080144.

2. Овчинников В.В. Состав поверхностных слоев титанового сплава ВТ6 после имплантации ионов тантала. / Овчинников В.В., Слезко М.Ю., Учеваткина Н.В., Лукьяненко Е.В., Якутина С.В. // Упрочняющие технологии и покрытия. 2022. – Т.18. – №8. – С. 364–370. DOI: 10.36652/1813-1336-2022-18-8-364-370.

3. Патент на изобретение № 2760453. Способ формирования серебросодержащего биосовместимого покрытия на имплантатах из титановых сплавов. / Овчинников В.В., Курбатова И.А., Лукьяненко Е.В., Слезко М.Ю., Учеваткина Н.В., Якутина С.В. от 25.11.2021; Заявка №2021112951 (027617) от 05.05.2021.

Смирнов С.В.
к.т.н., доцент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
smirnovsvj@gmail.com
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
Московский политехнический университет
Россия, Москва
vikov1956@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОЕДИНЕНИЯ ИГОЛКИ С ПЛАСТИНОЙ ПРИ КОНТАКТНОЙ СВАРКЕ ПО СХЕМЕ «КРОМКА ОТВЕРСТИЯ»

Аннотация. При креплении деталей из композиционных материалов к узлам из металлов в конструкции летательных аппаратов применяются игольчатые крепежные элементы. Каждый такой игольчатый крепежный элемент состоит из пластины, к которой контактной сваркой привариваются иголки. Для соединения иголки с пластиной контактной сваркой предложено применять схему формирования соединения по рельефу, называемому «кромка отверстия». Проведенные эксперименты показали, что характер формирования соединения между иглой и пластиной определяется параметрами режима сварки: величиной сварочного тока, длительностью импульса сварочного тока и плотностью физического контакта между поверхностью иголки и поверхностью отверстия в пластине по цилиндрической поверхности. Установлено, что при контактной сварке по схеме «кромка отверстия» между поверхностью пластины и иголки при варьировании режима сварки не удается достичь появления литой зоны.

Ключевые слова: игольчатая втулка, контактная сварка, иголка, тарелка, титановые сплавы, ток сварки, длительность импульса, усилие выпрессовки.

Smirnov S.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
smirnovsvj@gmail.com
Ovchinnikov V.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
vikov1956@mail.ru

FEATURES OF THE FORMATION OF THE NEEDLE-PLATE CONNECTION DURING RESISTANCE WELDING ACCORDING TO THE "HOLE EDGE" SCHEME

Abstract. Each such needle fastener consists of a plate to which needles are welded by resistance welding. To connect the needle to the plate by resistance welding, it was proposed to use a scheme for forming a connection according to the relief called "hole edge". The plate is

determined by the parameters of the welding mode: the value of the welding current, the duration of the welding current pulse and the density of physical contact between the surface of the needle and the surface of the hole in the plate on the cylindrical surface. It has been established that during resistance welding according to the "hole edge" scheme between the surface of the plate and the needle when varying the welding mode, it is not possible to achieve the appearance of a cast zone.

Keywords: needle bushing, resistance welding, needle, plate, titanium alloys, welding current, pulse duration, extrusion force.

В конструкции современных летательных аппаратов существенно увеличивается объем применения деталей из композиционных материалов. Для крепления таких деталей к узлам из металлических материалов применяется игольчатый крепеж (рис. 1).

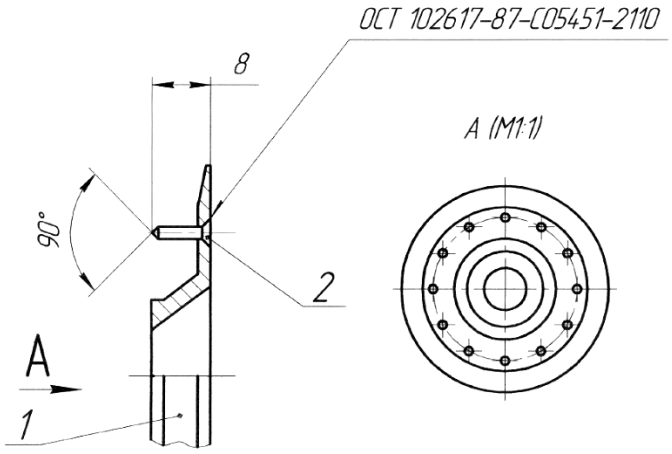


Рис. 1. Игольчатая втулка

Иголки в виде заклепок сваривались с пластинами из сплава ВТ6С длиной 100 мм и шириной 20 мм, в которых с шагом 15 мм были выполнены отверстия диаметром 2+0,1 мм.

При отработке режимов сварки заклепки с тарелкой игольчатой втулки использовался верхний электрод стандартного типа из бронзы БрНБТ с плоской рабочей поверхностью, перекрывающей диаметр головки привариваемой заклепки (рис. 2) в нижнем электроде было выполнено отверстие по диаметру стержня заклепки, а его диаметр определялся исходя из величины расстояния между стержнями привариваемых заклепок.

Предназначенные к варке образцы были очищены от жировых загрязнений, масел и других поверхностных веществ. После подготовки образцов к сварке они были упакованы в полиэтиленовые пакеты, исключающие загрязнение их поверхности перед сваркой.

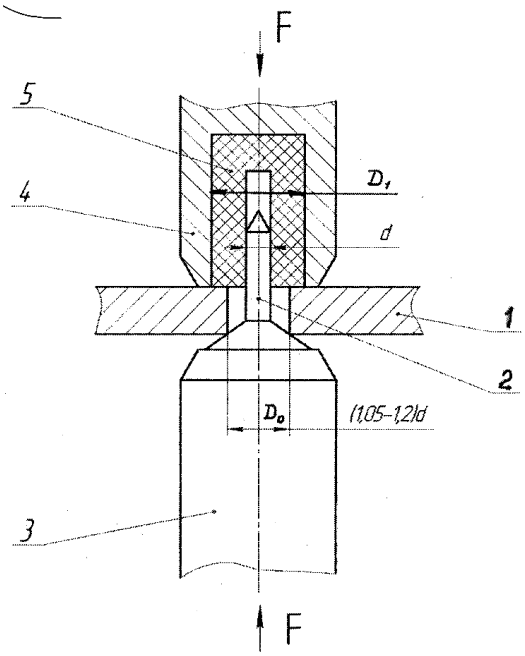


Рис. 2. Схема расположения электродов и деталей:
1 – пластина; 2 – заклепка; 3 – нижний электрод; 4– верхний электрод с плоской рабочей поверхностью; 5 – изолирующая втулка

В качестве базовых режимов для сварки заклепки с тарелкой игольчатой втулки были выбраны режимы сварки пакета из двух пластин толщиной, равной толщине тарелки игольчатой втулки (табл. 1).

Таблица 1

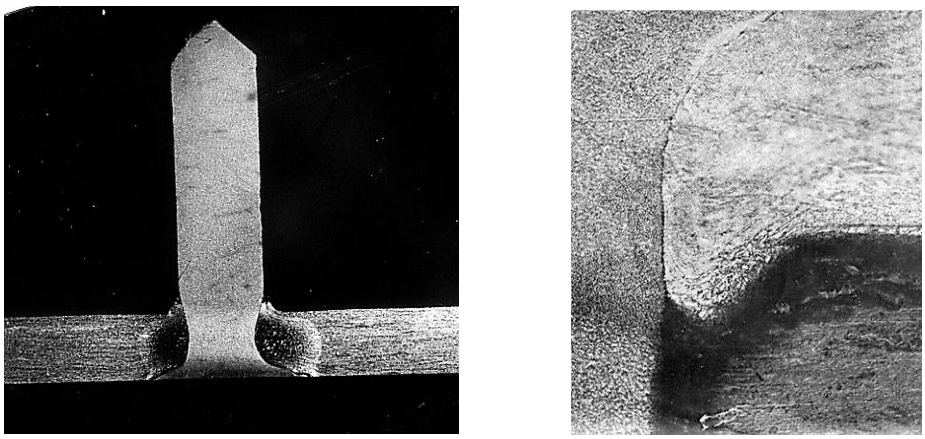
Ориентировочные режимы точечной сварки титана и его сплавов

Толщина свариваемых деталей, мм	Радиус сферы электродов, мм	Сила сварочного тока, кА	Время протекания сварочного тока, с	Усилие сжатия электродов, кН	Диаметр ядра точки, мм
1,0+1,0	75…100	4,5	0,15…0,20	2,5…2,9	5,0
1,2…1,2	75…100	6,5	0,20…0,25	2,9…3,4	5,5
1,5+1,5	75…100	7,0	0,25…0,30	3,5…3,9	6,0

Ориентировочные режимы сварки корректировались на технологических образцах на основании результатов исследования макроструктуры соединений на образцах. Шлифы для исследования макро и микроструктуры изготавливались разрезкой технологических образцов перпендикулярно поверхности по центру стержня (заклепки). На макрошлифе в первую очередь исследовалась граница между металлом заклепки и пластины на предмет наличие кольцевого проплавления с общей литой зоной головки заклепки и металла пластин.

На сварных образцах, выполненных по схеме формирования соединения на основе рельефа «кромка отверстия» исследовалась зона возможного выхода расплавленного металла из под головки заклепки.

Эксперименты по сварке заклепки с пластиной показали, что варьирование величины сварочного тока (3,0…10,0 кА) и длительности его протекания (0,1…0,60 с) не приводит к образованию общей расплавленной зоны. Соединение формируется без образования расплавленной зоны (рис. 3). Светлой областью выделяется зона разогрева в контакте заклепки с пластиной. Со стороны стержня заклепки на пластине отмечается кольцевой буртик высотой 0,20…0,25 мм (рис. 3,*б*).



а *б*

Рис. 3. Макроструктура соединения заклепки с пластиной (а, х8) и кольцевой буртик (б, х32)

Эксперименты показали, что при силе сварочного тока более 10 кА наблюдается подплавление поверхности головки заклепки, контактирующей с рабочей поверхностью верхнего электрода контактной машины.

Были предприняты попытки сформировать расплавленную зону в контакте головки заклепки за счет увеличения усилия сжатия электродов контактной машины с 2 до 8 кН. Однако, рост усилия сжатия электродов не привел к образованию литой зоны между заклепкой и пластиной. Кроме того, увеличение усилия сжатия электродов свыше 4,5 кН сопровождается возникновением трещин в стержне заклепки (рис. 4).

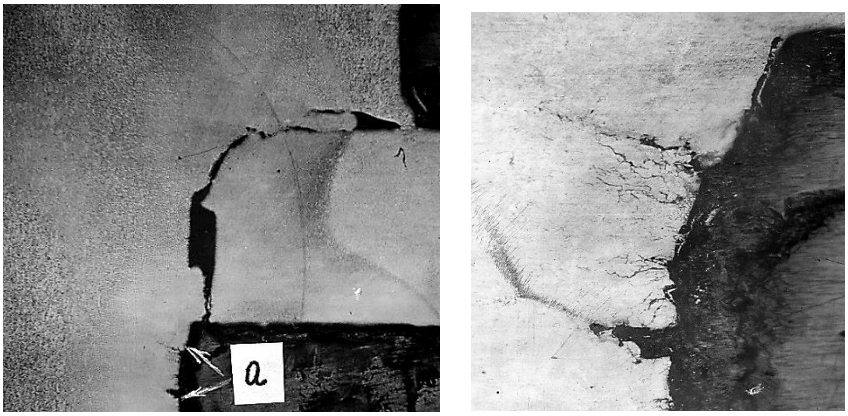


Рис. 4. Трещины в стержне заклепки (х32) при усилии сжатия электродов более 4,5 кН

Отсутствие расплавленной зоны в зоне контакта заклепки с тарелкой игольчатой втулки можно объяснить особенностями протекания сварочного тока через электроды контактной машины и детали самого соединения. При используемой схеме сборки соединения (рис. 2) в начальный период сварочный ток протекает от верхнего электрода, через контакт головки заклепки и ее стержень, в нижний электрод, протекающий ток вызывает разогрев в контакте головка заклепки – пластина, который способствует смятию головки заклепки и металла пластины.

При этом резко возрастает площадь контакта между заклепкой и пластиной, сопровождающаяся уменьшением плотности тока. Сварочный ток (рис. 5) в этом случае протекает от верхнего электрода через пластину, затем через стержень заклепки и нижний электрод контактной машины, минуя зону контакта головки заклепки с пластиной. Такой характер протекания сварочного тока не обеспечивает выделения необходимого количества тепловой энергии в контакте головки заклепки с пластиной для формирования зоны взаимного расплавления.

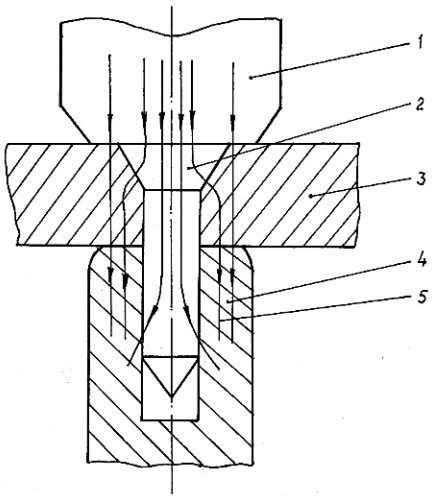


Рис. 5. Схема протекания сварочного тока через собранное соединение заклепки с тарелкой после включения сжатия электродов:
1 – пластина; 2 – заклепка; 3 – верхний электрод; 4 – нижний электрод;
5 – линии сварочного тока

Отсутствие зоны взаимного расплавления существенно сказывается на прочностных свойствах соединений заклепки с пластиной (табл. 2) наблюдается серьезный разброс результатов испытаний от 1300 Н до 2195 Н. кроме того, сварное соединение заклепки с пластиной при отсутствии литой зоны оказывается мало пригодным для осуществления неразрушающего контроля.

Таблица 2

Результаты механических испытаний соединений заклепки с пластиной методом выпрессовки заклепки

Номер образца	Наибольшая нагрузка, Н	Номер образца	Наибольшая нагрузка, Н
1	2194	6	2195
2	2112	7	1317
3	1990	8	1625
4	1300	9	1440
5	1560	10	1817

Поэтому, для получения литой зон между головкой заклепки и пластиной необходимо обеспечить гарантированное протекание тока через контакт головки заклепки и пластины в период включения сжатия электродов контактной машины. Это обеспечивается в случае изолирования стержня заклепки от нижнего электрода при условии вынесения зоны протекания тока через нижний электрод в контакте с пластиной за пределы диаметра головки заклепки (рис. 6).

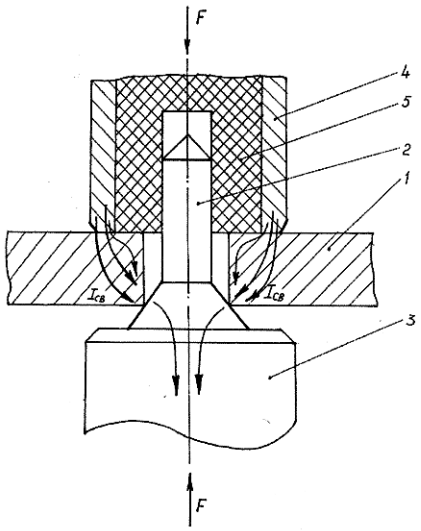


Рис. 6. Схема протекания сварочного тока через собранное соединение заклепки с тарелкой игольчатой втулки (повернуто на 180 ^{0}):
1– пластина; 2 – заклепка; 3 – верхний электрод; 4 – нижний электрод;
5 – изолированная втулка

Металлографический анализ структуры соединений заклепки с тарелкой игольчатой втулки показал, что при использовании упомянутого выше технологического варианта выполнения соединения наблюдается образование литой зоны в виде кольцевого проплавления в головке заклепки и в металле пластины (рис. 7).

Дальнейшие эксперименты были направлены на определение влияния основных параметров режима – силы сварочного тока и длительности его протекания на особенности формирования литой зоны, ее размеры и свойства.

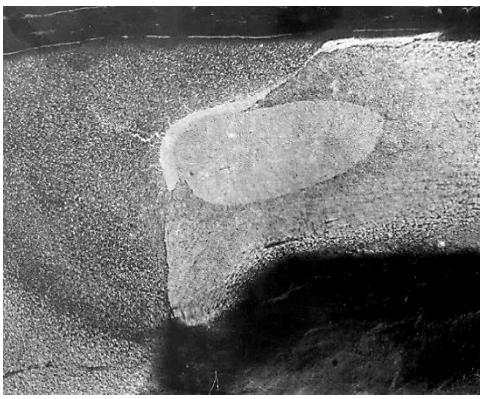
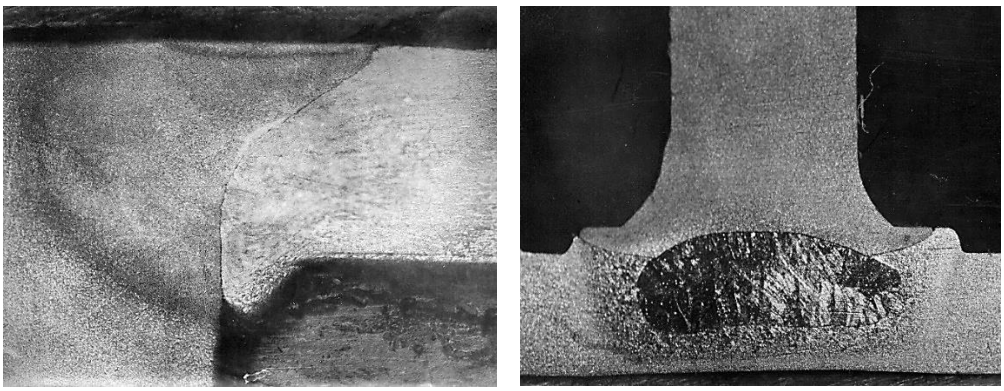


Рис. 7. Макроструктура соединения заклепки (сплав ВТ16) с пластиной (сплав ВТ6С), выполненном при изолировании стержня заклепки (х50)

Величину силы сварочного тока, которая определяет температуру нагрева пластины и заклепки в процессе сварки, задавали равной силе тока при сварке пакета их двух листов, суммарной толщиной, равной толщине пластины. Более тонкое регулирование тепловложения в соединяемые детали производили за счет варьирования длительности протекания сварочного тока. Установлено, что при длительности менее 18% от длительности протекания сварочного тока при сварке пакета из двух листов наблюдается неравномерный нагрев пластины по толщине и отсутствует литая зона (рис. 8) при длительности протекания тока более, чем 25% от длительности протекания тока при сварке пакета из двух листов суммарной толщиной, равной толщине пластины, наблюдается чрезмерный разогрев соединяемых деталей и формирование сплошного ядра в головке заклепки (рис. 8,*б*) с дефектами в виде пор, что может привести к снижению прочности соединения.



а *б*

Рис. 8. Макроструктура соединения с пластиной при длительности протекания сварочного тока менее 0,18 (а) и более 0,25 (б) от длительности импульса при сварке пакета из двух листов (х16)

Эксперименты по контактной сварке пластины из сплава ВТ6С толщиной 2,0 мм с заклепкой из сплава ВТ16 диаметром 2,5 мм с потайной головкой, проведены для определения влияния режима сварки на прочностные

свойства соединения. Длина заклепки составляла 7 мм. До сварки в пластине были выполнены отверстия диаметром 2,50…3,25 мм.

Для сварки заклепки с пластиной использовалась машина МТ-2023, в верхней электрод которой была вставлена втулка из капролона. Внешний диаметр втулки составлял 5,3…5,5 мм при внутреннем ее диаметре 2,5+0,1 мм для свободного вхождения стержня заклепки во втулке.

В качестве режима сварки был выбран следующий: сварочный ток – 9,0…9,2 кА, длительность протекания сварочного тока 0,32 с, усилие сжатия электродов 4,4…4,9 кН.

Результаты экспериментов представлены в таблице 3.

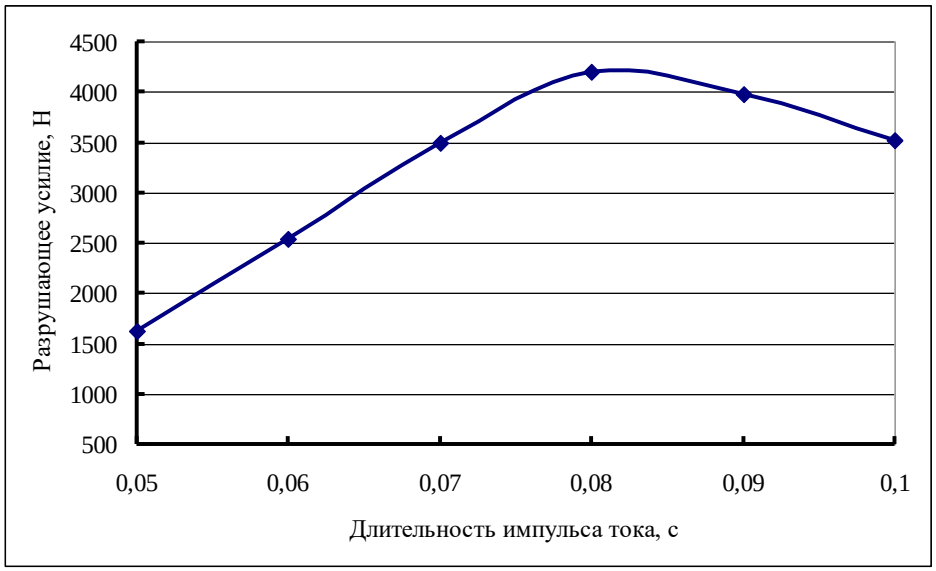
Таблица 3

Результаты экспериментов по сварке заклепок с пластиной

№ п/п	Диаметр отверстия в пластине, мм	Внешний диаметр изоляционной втулки, мм	Сварочный ток, кА	Усилие сжатия электродов, кН	Длительность протекания сварочного тока, с	Особенность формирования соединения
1	2,75	5,25	9,1	3,2	0,05	Литое ядро отсутствует
2					0,06	Литое ядро присутствует по всей поверхности головки заклепки
3					0,07	
4					0,08	
5					0,10	Формирование сплошного ядра в головке заклепки с дефектами в виде пор

На рисунке 9 представлено влияние длительности протекания сварочного тока на величину разрушающего усилия сварного соединения заклепки с пластиной. Полученные результаты показывают, что разрушающее усилие имеет наибольшее значение при длительности протекания сварочного тока более 0,1 с значение разрушающего усилия снижается до 3560 Н вследствие образования внутренних дефектов в литой зоне (рис. 9,*б*).

Таким образом, проведенные исследования позволили установить возможность получения соединения заклепки с пластиной с наличием литой зоны. Определены оптимальные значения параметров режима сварки (сила сварочного тока, длительность протекания сварочного тока и усилие сжатия электродов), которые обеспечивают получение соединений со значением разрушающего усилия на уровне 3900…4200 Н.



а



б

Рис. 9. Влияние длительности протекания сварочного тока на величину разрушающего усилия сварного соединения пластины и заклепки (а) и внутренние дефекты в литой зоне (б) при t > 0,10 с

На рисунке 10 приведен внешний вид игольчатых втулок, полученных путем контактной сварки иголок с пластиной в соответствии с представленной технологией. Описанная технология подходит как для получения игольчатых втулок с дисковой тарелкой, так и для получения протяженного однорядного крепежа. В то же время данная технология не обеспечивает получение крепежа, у которого иголка направлена одновременно в две противоположные стороны от плоскости пластины.



Рис. 10. Сварные игольчатые втулки из титанового сплава ВТ6С

Список литературы

1. Калачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. М.: Машиностроение, 1981. – 414 с.
2. Ильин, А.А, Колачев, Б.А., Полькин, И.С. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства. Справочник. – М.: ВИЛС-МАТИ, 2009. – 520 с.
3. Николаев Г.А., Куркин С.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. – М.: Высшая школа, 1984. – 342 с.
4. Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюшин и др. – М.: Высшая школа, 2001. – 638 с.

Доан Суан Куанг
аспирант
Московский политехнический университет
Россия, Москва
doanquang1809@gmail.com
Нгуен Минь Тыонг
к.т.н., доцент
МИРЭА − Российский технологический университет
Россия, Москва
Nguen_m@mirea.ru
Научный руководитель: ***Филиппов Ю.К.***
д.т.н., профессор
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
yulianf@mail.ru

ОБРАЗЕЦ КОРСЕТНОГО ТИПА ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ОДНООСНОЙ ОСАДКИ

Аннотация. При выборе материала для холодной штамповки необходимо учитывать эксплуатационные свойства получамых деталей и способность материала к обработке дав-

лением. При пластической деформации происходит изменение механических свойств материала. После обработки давлением заготовка должна сохранить хорошую способность к обработке резанием. Схема деформации при процессе сборки соответствует схеме деформации при испытании на сжатие, поэтому для оценки пластичности и механических свойств материала целесообразно провести испытания на сжатие по ГОСТ 25.503-97. Из круглого проката из стали 10 ГОСТ 10702-2013 было изготовлено 6 корсетных образцов. Все заготовки подвергли осадке на гидравлической испытательной машине EU-100. По результатам эксперимента была построена кривая зависимости интенсивности напряжений и интенсивности деформаций. Проведенные испытания на сжатие позволяют сравнить полученные данные для стали 10 ГОСТ 10702-2013 по значениям пластической деформации и напряжений с данными, внесенными в свойства материала «carbon steels 10 cold» в библиотеке программного комплекса QForm.

Ключевые слова: холодная штамповка; кривая упрочнения, корсетный образец, моделирование осадки корсетного образца, сталь 10.

Doan Xuan Quang
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
doanquang1809@gmail.com
Nguyen Minh Tuong
Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor
MIREA − Russian Technological University
Russia, Moscow
Nguen_m@mirea.ru
Scientific Advisor: ***Filippov Yu.K.***
Doctor of Technical Sciences, Professor
Moscow Polytechnic University,
Russia, Moscow
yulianf@mail.ru

CORSET-TYPE SAMPLE FOR MECHANICAL TESTING OF MATERIALS USING THE METHOD OF PLASTIC UNIAXIAL UPSET

Abstract. When choosing a material for cold forging, it is necessary to consider the operational properties of the parts obtained and the ability of the material to be processed by pressure. During plastic deformation, the mechanical properties of the material change. After pressure treatment, the workpiece should retain a good cutting ability. The deformation scheme during the assembly process corresponds to the deformation scheme during the compression test, therefore, to assess the plasticity and mechanical properties of the material, it is advisable to conduct compression tests according to GOST 25.503-97. 6 corset samples were made from round rolled steel 10 GOST 10702-2013. All workpieces were subjected to sedimentation on the EU-100 hydraulic testing machine. According to the results of the experiment, a curve of the dependence of stress intensity and strain intensity was constructed. The compression tests carried out make it possible to compare the data obtained for steel 10 GOST 10702-2013 on the values of plastic deformation and stresses with the data entered into the properties of the material "carbon steels 10 cold" in the library of the QForm software package.

Keywords: cold forging, hardening curve, corset sample, modeling of corset sample settlement, steel 10.

Осадка цилиндрических образцов повсеместно применяется для построения кривых упрочнения, поскольку обеспечивается простое нагружение и однородность деформации в очаге, что облегчает обработку полученных при эксперименте данных. К недостаткам способа можно отнести сравнительно небольшие значения деформации, для которых можно получить точные значения напряжений: по мере осадки все большее влияние на результат опыта начинают оказывать контактные силы трения, деформация становится неоднородной, а напряженное состояние – нелинейным.

Для расширения области более точного определения истинного напряжения при испытании на осадку предлагается использовать образцы корсетной формы, в центральной части которых имеется участок цилиндрической формы. Длина цилиндрического участка в начале деформирования не должна превышать предельно допустимого значения. По мере осадки диаметр цилиндрического участка увеличивается, а деформируемый металл упрочняется, в результате чего сила осадки возрастает и в процесс деформирования вовлекаются различные участки образца. Желательно, чтобы при этом отношение высоты деформируемого участка к диаметру была бы близка к предельно допустимой. Тогда и погрешность определения истинного напряжения была бы минимальной, и образец не терял продольную устойчивость.

Образец содержит рабочую часть, ограниченную цилиндрической поверхностью, длиной h_0= 15мм и диаметром d_0= 10 мм , две соосные с ней головки, служащие для передачи усилия на рабочую часть. Для устойчивого протекания процесса деформации сжатия цилиндрическую рабочую часть образца выполняют так, чтобы отношение ее длины l_0 к диаметру d_0 не превышало двух.

Головка содержит цилиндрическую поверхность. Цилиндрическая поверхность предназначена для устойчивого процесса осадки для испытания на сжатие и передачи на рабочую часть образца усилия сжатия. Поверхности просты в изготовлении и хорошо центрируют образец при установке.

Испытание образца производят следующим образом. Исходный образец (рис. 1) устанавливают по опорным поверхностям в устройства для испытания на сжатие, которое должно обеспечивать соосность опорных поверхностей и соответственно поверхностей образца) и их строго поступательное перемещение в процессе испытания. В качестве такого устройства целесообразно использовать специальный блок штампа, содержащий цилиндрический стакан и верхнюю и нижнюю параллельные плиты, обеспечивающими высокую точность относительно перемещения плит и малые силы трения в направляющих.

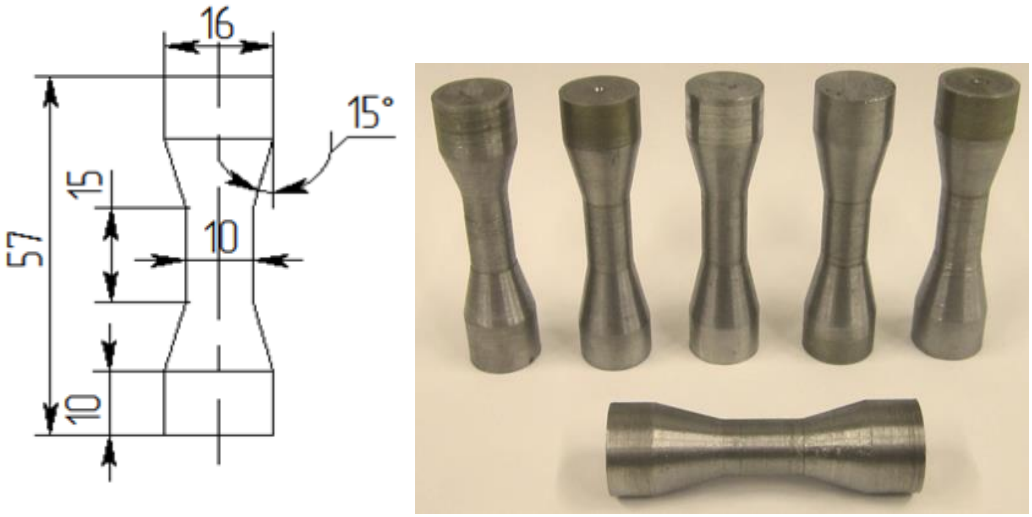


Рис. 1. Образец корсетной формы

После установки образца на опорных плитках производят нагружение его усилием сжатия, под воздействием которого начинает пластически деформироваться цилиндрическая рабочая часть, диаметр которой увеличивается. Предложенный образец может быть использован для получения характеристик пластичности и прочности материалов, построения кривой упрочнения, исследования эффекта Баушингера и проведения других испытаний с меньшей трудоемкостью и более высокой достоверностью получаемых результатов.

Результаты измерений диаметров, высоты рабочей части образцов и усилий сжатия в ходе экспериментов по осадке для 6 образцов (рис. 2) приведены в таблице.



Рис. 2. Схема штамповой оснастки типа «стакан» для осадки корсетных образцов

Таблица

Результаты измерений диаметров, высоты рабочей части образцов и усилий сжатия

N образец	Усилие, мн	H_i, мм	d_i, мм
1	0,0742	9.4	12,7
2	0,0935	7.2	14,66
3	0,1293	5	17
4	0,2240	4	19,2
5	0,3243	2.7	22,8
6	0,5761	1.7	29,5

Для определения величины деформации и напряжений в образце при осадке использовались следующие формулы:

$$\varepsilon = \ln (h_o/h);\ \varepsilon = -2\ln (d_o/d)$$

$$\sigma = 4P/(\pi d), e_i = -\ln \frac{h}{h_0}$$

где h_0 – исходная высота образцов; h – высота образцов после осадки;
d_0 – исходный диаметр образца; d – диаметр образцов после осадки;
P – усилие.

Испытания на сжатие показали хорошую пластичность стали 10 ГОСТ 10702-2013. Без разрушения значение пластической деформации достигло значения 2,18 (рис. 3). Для определения напряжений при разных степенях деформации возможно применение приближенного математического выражения, так как использование графика не всегда удобно и не обеспечивает высокой точности. Для получения математического выражения необходимо провести аппроксимацию кривой упрочнения. Программа Excel позволяет при построении кривой произвести ее аппроксимацию. В Excel заложены несколько аппроксимирующих зависимостей, которые отличаются структурой математического выражения – экспоненциальная, линейная, логарифмическая, полиномиальная, степенная функция. Для аппроксимации кривой упрочнения в Excel использовалась полиномиальная функция с величиной достоверности 0,9246. Проведенные испытания на сжатие позволяют сравнить полученные данные для стали 10 ГОСТ 10702-2013 по значениям пластической деформации и напряжений с данными, внесенными в свойства материала «carbon steels 10 cold» в библиотеке программного комплекса QForm. На рисунке 4 представлены кривые упрочнения по результатам экспериментов, аппроксимированная кривая полиномиальной функцией в Excel (уравнение аппроксимации показано на графике) и кривая упрочнения из программного комплекса QForm.

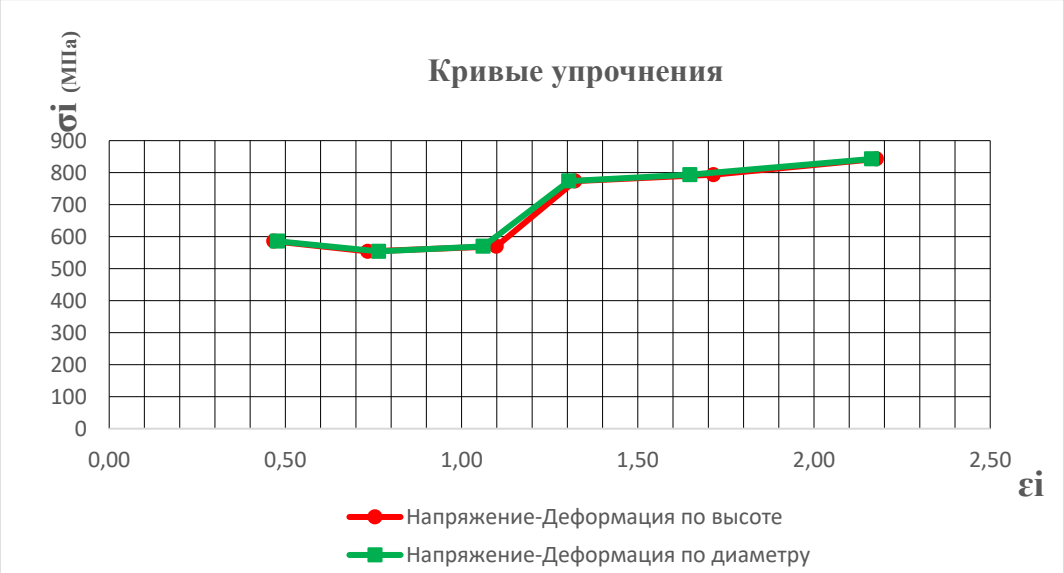


Рис. 3. Кривая упрочнения по изменению высоты и диамера образца из стали 10 ГОСТ 10702-2013 при испытаниях на сжатие

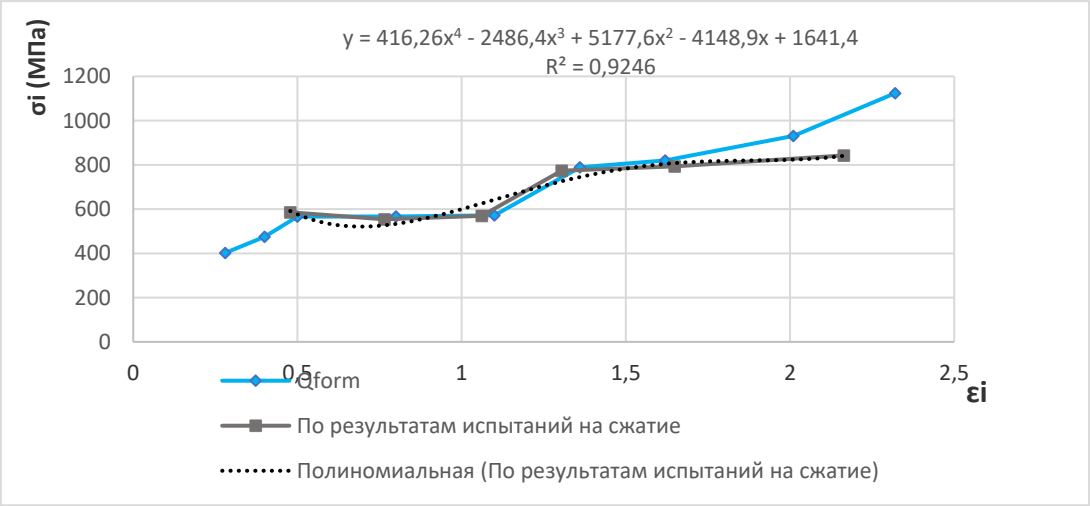


Рис. 4. Кривые упрочнения для стали 10

По графикам видно, что значения пластической деформации и значения напряжений, полученные экспериментальным путем, имеют небольшие отличия при малых и средних деформациях. Наибольшие расхождения по значениям деформации и напряжений между экспериментальной кривой и кривой QForm наблюдаются при больших деформациях >1,6. Следовательно, для моделирования процесса сборки деталей в качестве материала можно использовать материал «carbon steels 10 cold» из библиотеки программного комплекса QForm.

Список литературы

1. Филиппов Ю.К. и др. "Образец для механических испытаний". А.С. СССР №1578567 от 15. 3. 1990.

2. Филиппов Ю.К. и др. Устройство для испытания образцов материалов при выдавливании. А.С. СССР № 1589124 от 1.5.1990.

3. Калпин Ю.Г., Филиппов Ю.К., Петров П.А. Гневашев Д.А. Построение кривой упрочнения при больших величинах деформации. //Механика деформируемого твердого тела и обработка металлов давлением. СБ. Часть 2. Тула. ТулГУ, 2002 г. с.19-24.

4. Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф., Никитин М.Ю., Типалина А.В. Экспериментальное исследование механических свойств демпфирующего материала. // Известия Московского государственного технического университета МАМИ 2010. №1. С. 166-170.

Nguyen Minh Thu
Lecturer
Laboratory of plasma technology, Institute of materials science
Vietnam Academy of Science and Technology
Vietnam, Hanoi
Nguyen Thanh Tung
Lecturer
Laboratory of plasma technology, Institute of materials science
Vietnam Academy of Science and Technology
Vietnam, Hanoi
Nguyen Quang Liem
Lecturer
Laboratory of plasma technology, Institute of materials science
Vietnam Academy of Science and Technology
Vietnam, Hanoi
Nguyen Nhat Linh
Lecturer
Laboratory of plasma technology, Institute of materials science
Vietnam Academy of Science and Technology
Vietnam, Hanoi
linhnn@ims.vast.ac.vn

FABRICATION OF AU NANOPARTICLES IN POLYVINYL ALCOHOL BY COLD PLASMA

Abstract. The research presents the fabrication process of gold nanoparticles (AuNPs) using cold plasma method with polyvinyl alcohol (PVA). The influence of PVA concentration on the size of AuNPs is investigated by UV-Vis absorption spectrum. The results show that the addition of PVA helps to enhance the efficiency of AuNPs fabrication by plasma. This method can produce AuNPs with large volume, by low cost and environmental friendly, thereby showing great potential for the application of AuNPs synthesized by plasma.

Keywords: gold nanoparticles, cold plasma, green chemistry.

Gold nanoparticles (AuNPs) have been wide of interest to researches over the world due to outstanding chemical and physical properties. The researches and applications have been reported in many fields such as medicine, sensors, or chemical catalysts [1]–[3]. The synthesis process of AuNPs has been studied with

various approaches including chemical and physical methods [4]–[6]. In recent years, cold plasma technology become a new "green synthesis" solution for the fabrication of nano materials due to lack of toxic reducing/oxidizing agents in the fabrication process and shorter reaction time in comparison to the traditional chemical synthesis process [7]. Cold plasma generates many charged particles (electrons, ions), reactive oxygen species (ROS), reactive nitrogen species (RNS), and UV emission as the main components in the interaction between plasma and objects in other basic states (solid, liquid and gas). When plasma comes into contact with a liquid environment, ROS, RNS and electrons in the cold plasma jet can be dissolved in the solution and ignite the oxidation-reduction reactions. During the fabrication of AuNPs by cold plasma, the reduction process of ions in the solution containing the precursor (Au^{3+}) is activated by electrons or H_2O_2 generated by plasma [8]–[10]. The reaction chain can be presented as follows:

$$Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au^0$$

$$2Au^{3+} + 3H_2O_2 \rightarrow 2Au^0 + 3O_2 + 6H^+$$

Although the fabrication of nanoparticles using cold plasma has made significant progress, there are still challenges need to be addressed. For example, the small volume of the precursor solution (2-20 mL) leads to low yield of the product, which restricts the direct use of AuNPs for research and applications. In this study, we successfully employed cold plasma jet to fabricate AuNPs with a volume of 50 mL. Polyvinyl alcohol (PVA) is used as a surface protecting agent, supporting the formation of nanoparticles in the solution treated with cold plasma.

Experimental methods

Starting materials

Axit tetrachloroauric (III) trihydrate 99% ($HAuCl_4 \cdot 3H_2O$) and Polyvinyl alcohol (MW: 89000-98000) were purchased from Sigma Aldrich and used without additional purification or processing.

Plasma jet setup

In this work, we used a cold plasma jet system to synthesize AuNPs (Fig. 1). The plasma jet emitter is constructed by a 12 cm long hollow steel needle as a high voltage electrode, which is inserted into a 20 cm long quartz tube. A piece of copper tape wrapped around the outside of the quartz tube works as a ground electrode. The distances from the needle tip to the copper ring and to the end of the quartz tube are 1cm and 8 cm, respectively. Argon gas is introduced into the needle at a gas flow rate of 700 sccm. An alternating current with a voltage of 5 kV and a frequency of 25 kHz is set between the needle and the copper ring. Under the influence of the electric field, plasma is emitted in the area between the needle tip and the copper electrode. Plasma is extended to the outside environment due to the influence of high gas flow rate. A glass cup containing the precursor solution is placed under the quartz tube at a distance of 1cm and the surface of the solution comes into contact with the plasma beam. The emission spectrum of the plasma jet system is measured by the Ocean Optics HR4000 spectrometer (Ocean Optics).

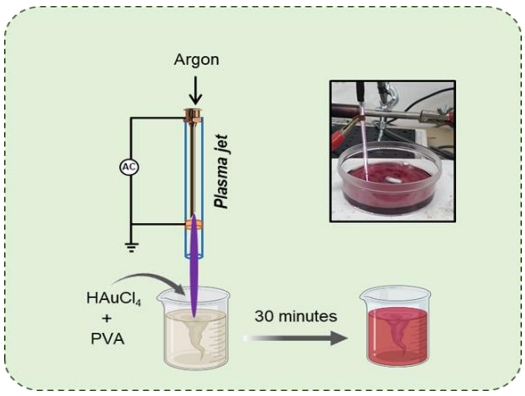


Fig. 1: Schematics of AuNPs fabrication by cold

Experimental process

All the glasswares are thoroughly washed with aqua regia (HCl and HNO3 mixed at a volume ratio of 3: 1) and rinsed with deionized water before synthesis. A 1% by weight of PVA solution is prepared by dissolving 10 mg PVA in 1L deionized water and heated at 80°C for 1h. Solutions with different PVA concentrations (0.05-0.1%) are prepared by diluting from 1% PVA solution. Then, $HAuCl_4$ is added to 50ml of PVA solution to obtain a precursor solution containing HAuCl4 with a concentration of 0.4mM. The $HAuCl_4$-PVA precursor solution is treated with the cold plasma jet system for 30 minutes, result in a dark red AuNPs product as presented in Fig. 1.

Characterization of fabricated AuNPs

The scanning electron microscopy (SEM) image of AuNPs is measured by the Jeol SEM-7010 microscope with an accelerating voltage of 15 kV. The UV-Vis absorption spectrum of the obtained solution samples is by JASCO-815 spectrometer.

Results and discussions

Optical emission spectrum

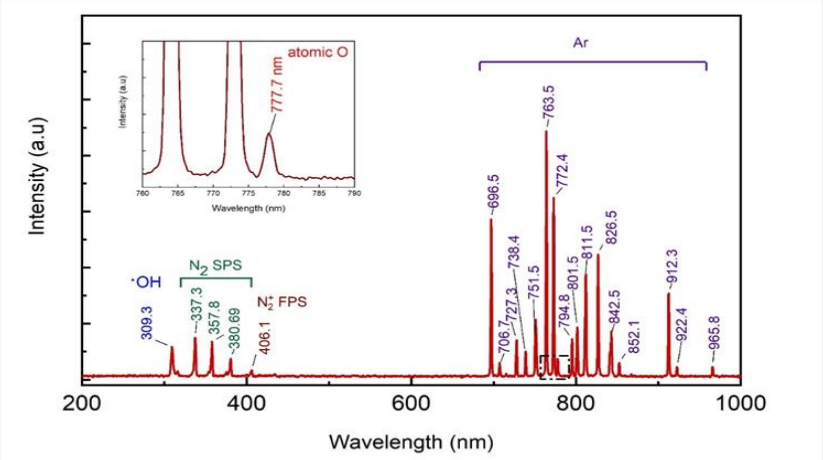


Figure 1: Optical emission spectrum of the cold plasma jet

Fig. 2. Describes the optical emission spectrum (OES) of the plasma jet system in the wavelength range of 200-1000 nm, showing the emission lines of the reactants formed in the plasma bulk

Since Ar is used as the working gas, the emission lines of Argon can be easily observed in the range of 700-1000 nm. The emission lines of excited N^2 molecules and N^{2+} ions appear in the range of 300-450 nm. The obtained OES spectrum shows that the plasma jet system can generate a large amount of ROS such as •OH radical (309 nm) and atomic O (777nm). When plasma interacts with the liquid environment, ROS and RNS can be dissolved and activate the chain of oxidation-reduction reactions.

Influence of PVA concentration on reduction process of Au^{3+} by cold plasma

The UV-Vis absorption spectrum is used to evaluate the formation process of AuNPs. In which, the position of the absorption peak due to surface plasmon resonance (SPR) is related to the average particle size. The signal intensity of the absorption peak represents the concentration of AuNPs in the solution. $HAuCl_4$ precursor solutions (0.4 mM) with different PVA concentrations (from 0 to 1%) are used to investigate the influence of PVA in the process of fabricating AuNPs by cold plasma.

The absorption spectrum of the solution without PVA (0%) after 30 minutes of plasma irradiation does not show an absorption peak in the range of 500-600nm (Fig. 3a). Hence, AuNPs are not formed under this condition. For other solutions containing PVA with different concentrations (0.05, 0.1, and 1%), the absorption peaks in the range of 526-533 nm appear after the plasma irradiation (Fig. 3b-d). The observation can be explained as PVA acted as a surface protecting agent, supporting the formation of the nanoparticles. This shows the important role of PVA in the synthesis of AuNPs by plasma with a large volume (50 mL).

The influence of PVA concentration on the position and intensity of the absorption peaks can be realized as the peak position red-shifted from 533 nm to 526 nm by increasing the PVA concentration while the peak intensity increases when PVA concentration raises from 0.05% to 0.1% then decreases slightly when the concentration keeps rising to 1%. The results show that the particle size of AuNPs decreases as the PVA concentration increases. For this condition, SEM images of AuNPs show that the particle size obtained is in the range of 10-20 nm as shown in Fig. 4.

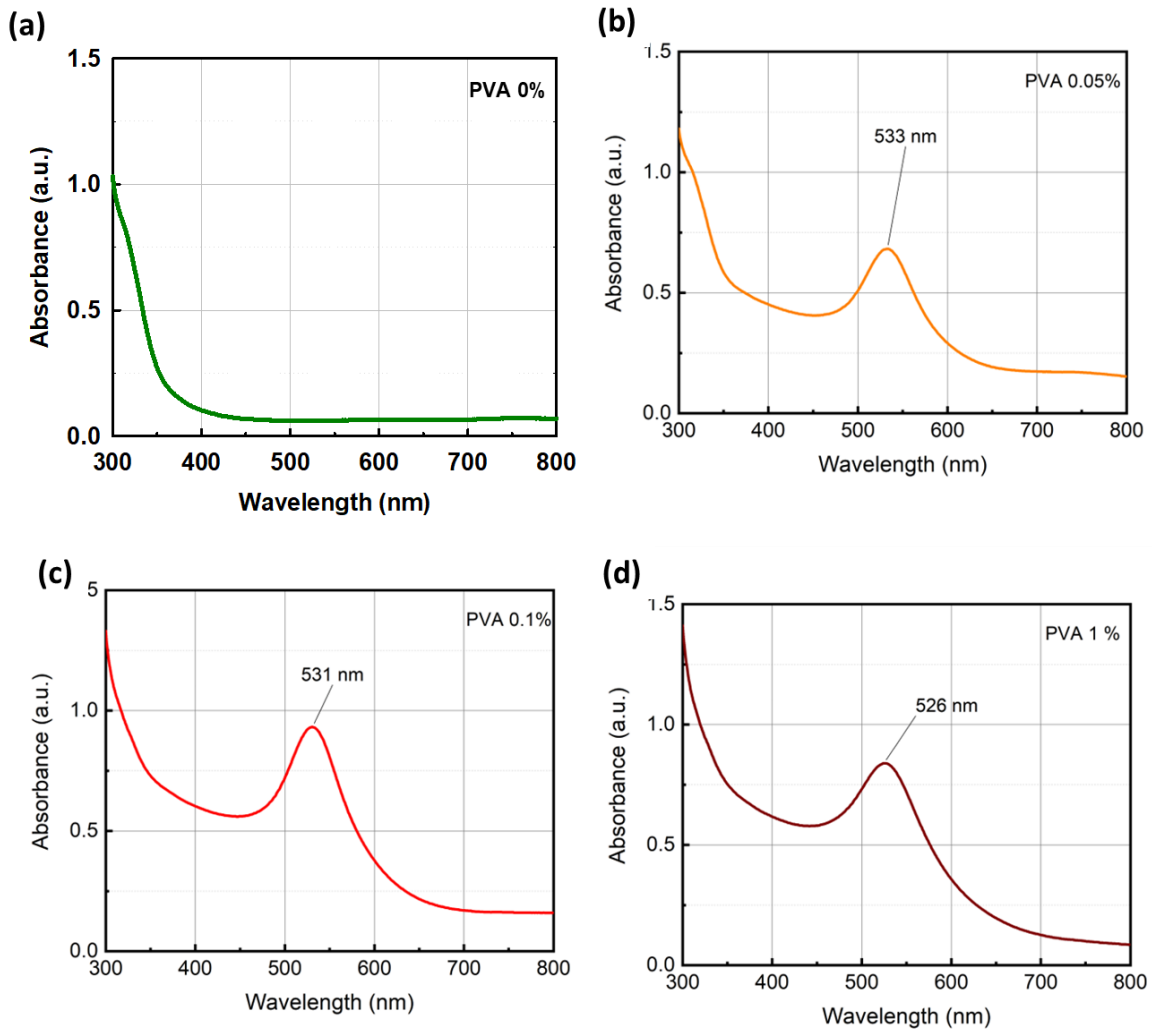


Fig. 3. A−c) UV-Vis spectrum of AuNPs fabricated by cold plasma with different concentrations of PVA; d) Influence of PVA concentration on UV-Vis peak position and intensity

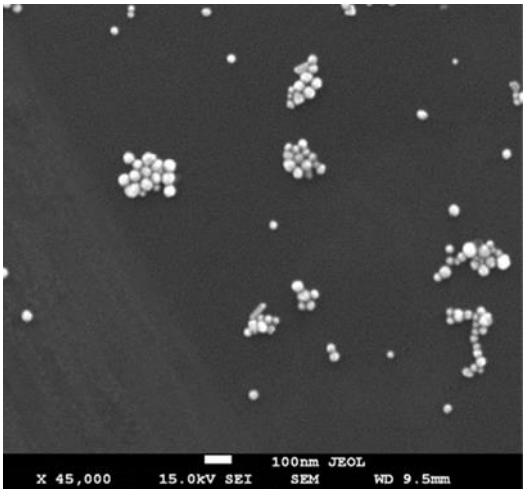


Fig. 4. SEM image of AuNPs fabricated by cold plasma

Conclusion

In this study, we used a cold plasma jet to successfully synthesize AuNPs material. By adding PVA to the $HAuCl_4$ precursor solution, AuNPs can be formed under the influence of plasma with a reaction solution volume of 50mL. This is a step forward compared to previous studies on using plasma to synthesize AuNPs with smaller volumes (2-20 mL). The study shows potential for the application of AuNPs material products.

References

1. Paul. L. Stiles, J. A. Dieringer, N. C. Shah, and R. R. Van Duyne, "Surface-Enhanced Raman Spectroscopy," ANNUAL REVIEW OF ANALYTICAL CHEMISTRY, vol. 1, pp. 601–626, 2008, doi: 10.1146/annurev.anchem.1.031207.112814.

2. S. Aryal and G. Bisht, "New Paradigm for a Targeted Cancer Therapeutic Approach: A Short Review on Potential Synergy of Gold Nanoparticles and Cold Atmospheric Plasma," Biomedicines, vol. 5, no. 3, p. 38, 2017, doi: 10.3390/biomedicines5030038.

3. T. D. Tran, M. T. T. Nguyen, H. v. Le, D. N. Nguyen, Q. D. Truong, and P. D. Tran, "Gold nanoparticles as an outstanding catalyst for the hydrogen evolution reaction," Chemical Communications, vol. 54, pp. 3363–3366, 2018, doi: 10.1039/C8CC00038G.

4. E. Boisselier and D. Astruc, "Gold nanoparticles in nanomedicine: preparations, imaging, diagnostics, therapies and toxicity," Chem Soc Rev, vol. 38, no. 6, pp. 1759–1782, 2009, doi: 10.1039/b806051g.

5. F. Kretschmer et al., "Survey of plasmonic nanoparticles: from synthesis to application," Particle \& Particle Systems Characterization, vol. 31, no. 7, pp. 721–744, 2014.

6. X. Lu, M. Rycenga, S. E. Skrabalak, B. Wiley, and Y. Xia, "Chemical Synthesis of Novel Plasmonic Nanoparticles," Annu Rev Phys Chem, vol. 60, no. 1, pp. 167–192, 2009, doi: 10.1146/annurev.physchem.040808.090434.

7. Q. Chen, J. Li, and Y. Li, "A review of plasma-liquid interactions for nanomaterial synthesis," J Phys D Appl Phys, vol. 48, no. 42, p. 424005, 2015, doi: 10.1088/0022-3727/48/42/424005.

8. H. Furusho, K. Kitano, S. Hamaguchi, and Y. Nagasaki, "Preparation of Stable Water-Dispersible PEGylated Gold Nanoparticles Assisted by Nonequilibrium Atmospheric-Pressure Plasma Jets," Chemistry of Materials, vol. 21, no. 15, pp. 3526–3535, 2009, doi: 10.1021/cm803290b.

9. R. C. Zhang et al., "Gold nanoparticle-polymer nanocomposites synthesized by room temperature atmospheric pressure plasma and their potential for fuel cell electrocatalytic application," Sci Rep, vol. 7, no. March, pp. 1–9, 2017, doi: 10.1038/srep46682.

10. C. De Vos et al., "A comparative study of the reduction of silver and gold salts in water by a cathodic microplasma electrode," J Phys D Appl Phys, vol. 50, no. 10, p. 105206, 2017, doi: 10.1088/1361-6463/aa5608.

СЕКЦИЯ 3. ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА

Зорин С.М.
к.т.н., начальник сектора, Отдел создания бортовых многозональных оптико-электронных систем наблюдения
АО «Российские космические системы»
Россия, Москва
zorin_sm@spacecorp.ru
Николаева М.В.
инженер-исследователь, Отдел создания бортовых многозональных оптико-электронных систем наблюдения
АО «Российские космические системы»
Россия, Москва
askerko.mv@spacecorp.ru

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА БОРТОВОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ДЗЗ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА

Аннотация. В работе представлены методические аспекты и факторы, влияющие на качество бортовой оптико-электронной аппаратуры дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) инфракрасного (ИК) диапазона, при ее создании, а более конкретно, многоканальных ИК радиометров, устанавливаемых на космические аппараты (КА). Данная аппаратура формирует изображения подстилающей поверхности Земли в тепловой области спектра $\Delta\lambda = 3 – 14$ мкм и при этом обеспечивает определение из космоса радиационной температуры (энергетической яркости) таких объектов, как поверхности суши, воды, льдов, облаков, а также локальных объектов техносферы.

Представлены особенности и методы обеспечения качества бортовой оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ при ее разработке, изготовлении и наземных испытаниях. Систематизированы основные технические факторы и процедуры, используемые при обеспечении и контроле качества, приведены основные составные части ИК радиометров космического базирования. Представлены основные требования к метрологической и испытательной базам при создании данной аппаратуры. По основным затронутым в работе вопросам приводятся соответствующие источники литературы.

Ключевые слова: качество, температура, дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ), разработка, испытания, метрологические характеристики, радиометр.

Zorin S.M.
Candidate of Technical Sciences, Chief of section, Department for the creation of on-board multispectral optical-electronic observation systems
Joint Stock Company «Russian Space Systems»
Russia, Moscow
zorin_sm@spacecorp.ru
Nikolaeva M.V.
Research Engineer, Department for the creation of on-board multispectral optical-electronic observation systems
Joint Stock Company «Russian Space Systems»

Russia, Moscow
askerko.mv@spacecorp.ru

THE MAIN FACTORS FOR ENSURING THE QUALITY OF ON-BOARD OPTICAL-ELECTRONIC REMOTE SENSING EQUIPMENT IN THE INFRARED RANGE

Abstract. The paper presents methodological aspects and factors influencing the quality of on-board optical-electronic equipment for remote sensing of the Earth (ERS) in the infrared (IR) range of the spectrum during its creation, and more specifically, influencing the quality of multi-channel IR radiometers installed on spacecraft (SC). This equipment forms images of the Earth underlying surface in the thermal region of the spectrum $\Delta\lambda = 3 – 14$ μm and at the same time provides determination of the radiation temperature (energy brightness) of such objects as the surfaces of land, water, ice, clouds, local objects of the technosphere from space.

Features and methods for ensuring the quality of on-board optical-electronic remote sensing equipment during its development, manufacturing and ground testing are presented. The main technical factors and procedures used in quality assurance and control are systematized, and the main components of space-based IR radiometers are given. The basic requirements for metrological and testing bases when creating this equipment are presented. Relevant literature sources are provided on the main issues raised in the work.

Keywords: quality, temperature, earth remote sensing (ERS), development, tests, metrological characteristics, radiometer.

Известно, что по данным, получаемым приборами наблюдения Земли из космоса инфракрасного (ИК) диапазона, определяют температуру объектов (температурные карты и тепловые изображения поверхностей суши, воды, льдов, облаков, а также локальных объектов). На рисунке 1 представлен пример глобальной температурной карты поверхности океана, сформированной по спутниковым данным.

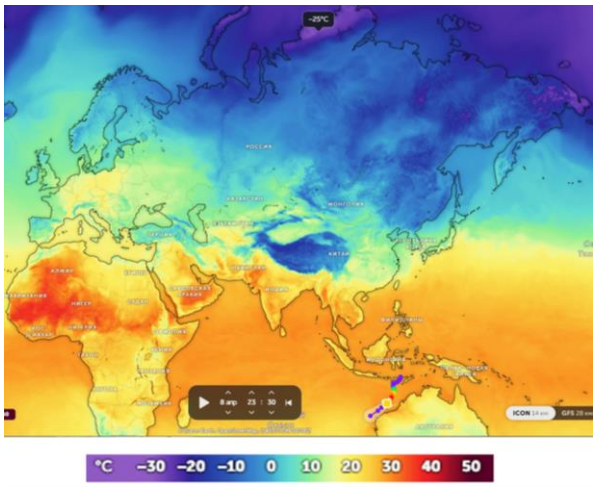


Рис. 1. Пример глобальной температурной карты поверхности океана, сформированной по спутниковым данным (сайт https://zoom.earth)

Спутниковые данные по температуре необходимы для обеспечения служб по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, а также соответствующих служб МЧС, Министерства природных ресурсов, Минсельхоза, Росрыболовства, Росреестра, Рослесхоза и заинтересованных коммерческих потребителей. Данные круглосуточной космической съемки аппаратурой ИК диапазона с заданным пространственным и радиометрическим разрешением, позволяют обеспечить:

− получение оперативной информации о состоянии атмосферы, облачности, поверхности Земли, Мирового океана, в том числе ледяного покрова;

− анализ и прогноз погоды в региональном и глобальном масштабах, формирование температурных карт, карт содержания углекислого газа и малых газовых составляющих (метан, азот, озон);

− анализ и прогноз условий для полетов авиации и судоходства;

− обнаружение очагов лесных пожаров, выявление районов с тепловыми аномалиями (торфяные пожары, вулканы, гейзеры, динамика зон вечной мерзлоты);

− задачи землепользования, кадастр, разведку углеводородного сырья, создание топографических карт и планов;

− экологический контроль окружающей среды, наблюдение локальных объектов техносферы.

Понятие качества оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ. Особенность оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ ИК диапазона состоит в том, что она должна обеспечить не только функцию круглосуточного наблюдения и получения качественного изображения в тепловой области спектра $\Delta\lambda = 3 – 14$ мкм, но также должна обладать измерительными функциями с привязкой получаемых радиометрических данных по температуре и энергетической яркости к государственным эталонам.

На рис. 2 предложена классификация аппаратуры космического мониторинга ИК диапазона в соответствии с пространственной разрешающей способностью и решаемыми задачами.

В стандарте ГОСТ Р ИСО 9000-2015 «Системы менеджмента качества» (идентичен международному стандарту) [1] дано определение, имеющее непосредственное отношение к рыночной экономике: «Качество продукции и услуг организации определяется способностью удовлетворять потребителей и преднамеренным или непреднамеренным влиянием на соответствующие заинтересованные стороны. Качество продукции и услуг включает не только выполнение функций в соответствии с назначением и их характеристики, но также воспринимаемую ценность и выгоду для потребителя».

Для оценки качества данных космической съемки разработан международный руководящий документ системы обеспечения качества для наблюдения Земли QA4EO (Quality Assurance Framework for Earth Observation). Данный документ был создан и одобрен группой по наблюдениям Земли GEOSS (Global Earth Observation System of Systems). Система обеспечения качества

для наблюдения Земли – набор руководящих принципов, которые учитывают согласованный подход по определению и использованию критериев качества данных ДЗЗ [2].



Рис. 2. Классификация аппаратуры космического мониторинга ИК диапазона в соответствии с пространственной разрешающей способностью

Фундаментальный принцип системы обеспечения качества наблюдения Земли – «все данные и производные продукты должны сопровождаться документированным и полностью отслеживаемым показателем качества QI (Quality Index)». Один основных принципов для аппаратуры наблюдения Земли в соответствии с QA4EO является обеспечение прослеживаемости данных.

Прослеживаемость – показатель качества, который должен основываться на документированных и поддающихся количественной оценке фактических данных, демонстрирующих уровень прослеживаемости в соответствии с согласованными на международном уровне эталонными стандартами (например, система СИ).

Специфика разработки и изготовления оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ. Особенностью разрабатываемой в России космической аппаратуры является то, что головными заказчиками прежде всего является государство в лице ГК «Роскосмос», которые формируют технические задания с точки зрения потребностей государственных служб и ведомств.

Учитывая особенности космической техники имеет смысл рассмотреть этот вопрос более детально с технической точки зрения на этапе ее создания. Основные факторы обеспечения качества бортовой оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ при ее создании схематически показаны на рис. 3.



Рис. 3 Основные составляющие обеспечения качества разработок оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ при ее создании

Для понимания сложности обеспечения качества перспективных разработок оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ ИК диапазона необходимо проанализировать ее составные части, которые укрупненно представлены на рис. 4.



Рис. 4. Основные составные части инфракрасной оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ

Из схемы (рис. 4) можно сделать вывод, что результаты разработки, изготовления и испытаний рассматриваемой аппаратуры зависят от состояния и возможностей наиболее высокотехнологичных отраслей промышленности в нашей стране: оптической, электронной, химической, станкостроения и точной механики, цифровых технологий и программирования.

При этом критически важными для конкурентоспособности и качества результатов космической съемки являются такие наукоемкие изделия, как оптические материалы и покрытия; фотоприемные устройства ИК диапазона (ФПУ ИК) заданного формата, спектрального диапазона и чувствительности; радиационные и микрокриогенные системы охлаждения ФПУ ИК; сложные цифровые интегральные схемы (ИС), такие, как микропроцессоры, ПЛИС, прецизионные АЦП.

Необходимо отметить важное значение метрологической и испытательной базы при создании ИК техники. Необходимость совершенствования аппаратно-методического комплекса метрологического обеспечения и контроля радиометрических параметров ИК аппаратуры обусловлена следующими причинами:

- повышением радиометрической точности, пространственного разрешения и поля зрения оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ;
- совершенствованием существующих и созданием принципиально новых измерительных средств и методик для оценки характеристик аппаратуры;
- необходимостью разработки единых, аттестованных в соответствии с метрологическими правилами и нормами, средств и методов проведения калибровки и контроля параметров аппаратуры;
- необходимостью разработки системы обеспечения единства и требуемой точности воспроизведения и передачи дифференциальных величин спектрозонального и интегрального оптического излучения с учётом прослеживаемости к национальным эталонам и условий штатной эксплуатации аппаратуры в космосе.

Выполнение данных требований предполагает разработку и изготовление уникального дорогостоящего оборудования:

- малошумящих охлаждаемых приёмников ИК излучения, как, например, показано в [3];
- новых технологий изготовления высококачественных оптических элементов и покрытий для ИК диапазона [4, 5];
- длиннофокусных ($f \geqslant 10$ м), широкоапертурных (световой диаметр порядка Ø1 м) коллиматоров для аппаратуры высокодетального наблюдения, оптимизированных для ИК диапазона [6];
- высокостабильных образцовых моделей черных тел (МЧТ) с апертурой до 500 мм и коэффициентом излучения не менее 0,98 в диапазоне температур от минус 50 °С до плюс 150 °С [7];
- для калибровки и поверки улучшенных средств измерений и непосредственно бортовой оптико-электронной аппаратуры ИК диапазона необходима разработка ряда соответствующих эталонных МЧТ с коэффициентом излучения не ниже 0,998 и неопределённостью температуры не более 0,1 °С (3σ),

а также создание и аттестация в качестве эталона измерительно-калибровочных комплексов на основе крупногабаритной криогенно-вакуумной камеры для имитации условий штатной эксплуатации аппаратуры в космосе и точной радиометрической калибровки [8, 9, 10].

В части экономической эффективности и способности удовлетворять потребителей хотелось бы отметить следующее:

- формальное завышение требований заказчиком на начальной стадии разработки (НИОКР) космической аппаратуры (например, таких, как надежность и срок службы) может привести к затягиванию сроков разработки и моральному устареванию изделия;
- для повышения эффективности проведения этапов НИОКР в некоторых случаях целесообразно принятие решения об ускоренном проведении наземных испытаний изделия по сокращенной программе с последующей отработкой и корректировкой документации по результатам летных испытаний (особенно для экспериментальных образцов малогабаритной аппаратуры);
- формальный подход в вопросах сертификации (оценки соответствия), системы менеджмента качества (СМК) и прочих проверок на соответствие изделия нормативной документации отвлекает время и силы разработчиков от задач создания новых технологий и техники, а также значительно повышает трудозатраты и стоимость работ;
- для обеспечения конкурентоспособности изделий необходимо непрерывное проведение модернизации производственных участков, оснащение новыми образцами технологического и испытательного оборудования, средств измерений и автоматизации (контроля состояния оборудования, созданного в прошлом веке недостаточно).

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. Quality management systems – Fundamentals and vocabulary.
2. QA4EO, A Quality Assurance Framework for Earth Observation: Principles version 4.0. 14.01.2010.
3. Кульчицкий Н., Наумов А., Старцев В. Охлаждаемые фотоприемные устройства ИК-диапазона на кадмий-ртуть-теллуре: состояние и перспективы развития / Кульчицкий Н., Наумов А., Старцев В. // Электроника, наука, технология, бизнес, 2020. №5. – С. 8.
4. Архипов С.А., Абдулкадыров М.А., Добриков Н.С. Анализ физико-технологических проблем изготовления облегченных термостабильных оптико-механических систем на основе карбида кремния для оптико-электронной аппаратуры космического базирования / Архипов С.А., Абдулкадыров М.А., Добриков Н.С. // Научно-технический журнал «Контенант» 2017. Том 16. № 1. – С. 28–46.
5. New design for highly durable infrared-reflective coatings / Chaoquan Hu, Jian Liu, Jianbo Wang [et al.]. // Science & Applications (2018) 7, Official journal of the CIOMP 2047-7538/18, 11 pp.
6. Методики расчета и экспериментальной оценки характеристик коллиматора для контроля оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ / Аскерко М.В., Зорин С.М., Николаев Н.А. [и др.]. // Труды 66-й Всероссийской научной конференции МФТИ, 2024 г.

7. Вакуумная широкоапертурная модель чёрного тела в диапазоне температур 223,15 – 423, 15 К для радиометрической калибровки оптико-электронной аппаратуры наблюдения Земли / Довгилов Н.Л., Морозова С.П., Алексеев С.В. [и др.]. // Измерительная техника № 48, 2023. – С. 60-66.

8. Криогенно-вакуумная установка: пат. № 2678923 Рос. Федерация: МПК B64G 7/00, G01M 11/00 / Гектин Ю.М., Зорин С.М., Трофимов Д.О., Андреев Р.В.; заявитель и патентообладатель АО «Российские космические системы» – № 2018107974; заявл. 05.03.2018; опубл. 04.02.2019, Бюл. № 4.

9. Способ радиометрической калибровки, контроля характеристик и испытаний оптико-электронных и оптико-механических устройств и криогенно-вакуумная установка, реализующая этот способ: пат. № 2715814 Рос. Федерация: МПК G01N 25/58, B64G 7/00, G01M 25/72, G01N 11/00 / Гектин Ю.М., Зорин С.М., Трофимов Д.О., Андреев Р.В.; заявитель и патентообладатель ГК «Роскосмос». – № 2018137921; заявл. 26.10.2018; опубл. 03.03.2020, Бюл. № 7.

10. Зорин С.М., Трофимов Д.О., Гектин Ю.М. Наземный измерительно-калибровочный комплекс на основе крупногабаритной криогенно-вакуумной камеры для радиометрической калибровки аппаратуры ДЗЗ / Зорин С.М., Трофимов Д.О., Гектин Ю.М. // Труды 30-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Вакуумная техника и технологии – 2023», Санкт-Петербург, 20–22 июня 2023. – С. 347-353.

Корнеева В.М.
д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Россия, Москва
v_korneeva@list.ru
Барзов А.А.
д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник
МГУ имени М.В.Ломоносова
Россия, Москва
a.a.barzov@gmail.com
Моисеев В.А.
к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Россия, Москва
moiseevval@bmstu.ru
Корнеев И.С.
студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Россия, Москва
iskorn@icloud.com

ПРЕДИКТИВНО-КВАЛИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТИВНОЙ ПАТЕНТОСПОСОБНОСТИ ИННОВАЦИЙ ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Аннотация. Вводится понятие результативной патентоспособности инновации (РПИ), которое характеризует потенциал её технико-экономической эффективности после приоритизации путем патентования в сфере материального производства товаров и/или услуг.

Рейтинг РПИ во многом определяет возможность формирования нематериальных активов, как значимой, инвестиционно-привлекательной компоненты капитализации предприятий, различных форм собственности, осуществляющих практическую реализацию креативного содержания соответствующего Патента на конкретное изобретение, в первую очередь физико-технологического профиля.

Ключевые слова: инновация, патентоспособность, экспертиза, рейтинг, результативность, гидротехнологии.

Korneeva V.M.
Doctor of Technical Sciences, Professor
Bauman Moscow State Technical University
Russia, Moscow
v_korneeva@list.ru
Barzov A.A.
Doctor of science, Professor, leading Researcher
Lomonosov Moscow State University
Russia, Moscow
a.a.barzov@gmail.com
Moiseev V.A.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Bauman Moscow State Technical University
Russia, Moscow
moiseevval@bmstu.ru
Korneev I.S.
Student
Bauman Moscow State Technical University
Russia, Moscow
iskorn@icloud.com

PREDICTIVE AND QUALIMETRIC ANALYSIS OF THE EFFECTIVE PATENTABILITY OF INNOVATIONS IN THE PHYSICAL AND TECHNOLOGICAL PROFILE

Abstract. The concept of effective patentability of an innovation is introduced, which characterizes the potential of its technical and economic efficiency after prioritization through patenting in the field of material production of goods and/or services. The FIR rating largely determines the possibility of forming intangible assets as a significant, investment-attractive component of the capitalization of enterprises of various forms of ownership, which carry out the practical implementation of the creative content of the relevant patent for a specific invention, primarily of the physical and technological profile.

Keywords: innovation, patentability, examination, rating, efficiency, hydrotechnology.

Одной из значимых задач в сфере прикладной инноватики является предиктивная оценка результативной патентоспособности инноваций (РПИ), как основы для последующего формирования нематериальных активов предприятия, выпускающего запатентованную продукцию. Причем трудноформализуемый характер возможного решения данной задачи предопреде-

ляет эффективность применения для его поиска аппарата нелинейной квалиметрии, и в частности метода экспертно-критериального анализа (ЭКА). Однако, для этого необходима структуризация введенного понятия РПИ, под которым понимается ожидаемая технико-экономическая эффективность в стоимостном выражении от реализации в будущем патентоспособной и приоритезированной Патентом на изображение конкретной инновации.

Таким образом, решение задачи оценки РПИ содержит две основные компоненты: оценку патентоспособности инновационного предложения и анализ его ожидаемой технико-экономической эффективности. Заметим, что вторая часть решения данной задачи достаточно квалиметрически развита и не представляет серьёзных трудностей [1-3]. Однако, первая, весьма креативно-латентная, но функционально эссенциальная часть решения задачи по предиктивной оценке РПИ требует разработки соответствующего нестандартного подхода в рамках нелинейной квалиметрии. Именно на формирование принципов такого подхода к квалиметрическому анализу РПИ на самых ранних этапах их возможной реализации на практике направлено нижеизложенное.

Квалимерическое моделирование при оценке результативной патентосодержательности инноваций

Анализ показал, что помимо общеизвестных требований к патентосодержательности инновационного предложения, для обеспечения в будущем его технико-экономической результативности необходим целенаправленный ЭКА. Причем, если в случае оценки патентоспособности инновации можно предложить вероятностный подход, то при экономических оценках вполне реалистично использование традиционных детерминированных суждений экспертов. Поясним вышеизложенное на условном примере.

Пусть потенциал технической креативности какого-либо инновационного предложения характеризуется тремя функционально значимыми отличительными признаками: a, b и c. Тогда, путем соответствующей процедуры ЭКА формируется вероятностная оценка общего уровня патентуемости предложения в виде:

$$P_{\text{П}} = 1 - (1 - p_a)(1 - p_b)(1 - p_c)\ ,$$

где $P_{\text{П}}$ – итоговая вероятностная оценка патентуемости инновационного предложения формируемая путем раздельного ЭКА его отличительных признаков; p_a, p_b и p_c – соответственно вероятностные оценки степени оригинальности отличительных признаков a, b и c рассматриваемого предложения по традиционным критериям новизны, изобретательского уровня и промышленной применимости.

Тогда даже при относительно не высокой значимости оценок каждого критерия их итоговое смысловое взаимодействие, при грамотном оформлении заявки на изобретение обеспечит весомый потенциал патентуемости,

характеризующий возможность приоритизации инновации путем патентования. Так, например, при: $p_a = p_b = p_c$=0,5 итоговая оценка патентуемости составит: $P_{\text{П}}$=0,875, что по известной шкале Харрингтона характеризуется достаточно высоким уровнем значимости.

Далее, осуществив путем ЭКА стандартную процедуру рейтингования по соответствующим критериям с учетом их эффективно необходимого числа и значимости, определяется детерминированная, желательно нормированная, оценка ожидаемой технико-экономической эффективности от реализации на практике запатентованной инновации. Произведение вероятностной и детерминированной оценок, как характеристик необходимых и достаточных условий для определения РПИ, является квалиметрическим обоснованием для формирования взвешенного управленческо-финансового решения не только на патентование предложения, но и проведение оргтехмероприятий по его последующей реализации в сфере материального производства.

Конечно, вышеизложенный подход только в тезисном виде отражает алгоритм формирования поддержки принятия достаточно объективных и максимально взвешенных соответствующих управленческих решений по инновативации секторов реальной экономики. Однако его развитие может иметь определенное научно-прикладное значение, как пример широких возможностей нелинейной квалиметрии, когда минимум затрат на самых ранних этапах жизненного цикла инноваций максимально снижает риски возможных потерь в будущем.

В качестве характерного примера рассмотрим возможность оценки РПИ в области энергоэкстремальных гидроструйных технологий (ЭГТ), которые были рассмотрены в обобщающейся работе [4] и приоритезированы несколькими патентами на изобретения [5-9]. Причем, техническое решение повышения экономичности ЭГТ, изложенное в патенте на изобретение [9], основанное на ударе гидроструи в быстровращающуюся мишень, обладает весьма высокой инвестиционно-практической привлекательностью.

Структурирование технической сущности данных патентов позволило выделить следующие достаточно перспективные направления развития ЭГТ, основанной на ультрадиспергирующем воздействии на обрабатываемую жидкость ударно-волнового взаимодействия её высокоскоростной гидроструи с твердотельной мишенью [4].

1. Техническое совершенствование (ТС) используемого на производстве гидротехнологического оборудования.
2. Новые принципы (НП) физико-энергетического обеспечения функциональности струйных гидрофизических взаимодействий (СГВ).
3. Развитие методов эффективного управления (ЭУ) процессов при СГВ.
4. Целенаправленное изменение различных физических характеристик, применяемых твердотельных мишеней (ТМ).

5. Физико-энергетическое дополнительное воздействие (ДВ) на зону СГВ.

Далее, путем ЭКА потенциала патентуемости инновационных предложений по данным направлениям приоритезированного развития ЭГТ, с учетом их технико-экономических особенностей, типа масштаба применимости, продолжительности жизненного цикла инновации на практике и др. критериев, характеризующих потенциал их функционально-креативного качества, были получены следующие итоговые оценки, которые представлены в таблице.

Таблица

Рейтинговые оценки РПИ совершенствованию ЭГТ

Краткое наименование направления патентообеспечения	1	2	3	4	5
	ТС	НП	МУ	ТМ	ДВ
Нормированное значение рейтинга результативности	0,61	0,78	0,85	0,80	1,0

Таким образом, по мнению экспертов максимальным значением рейтинга РПИ в области развития и повышения потенциала возможностей ЭГТ обладает использование дополнительных физико-энергетических воздействий на зону СГВ.

Понятие результативной патентоспособности инновации (РПИ) включает в себя креативную и технико-экономическую составляющие, характеризующие не только возможность приоритезации путем патентования идеи нового предложения, но и предиктивную оценку ожидаемого стоимостного результата от её практической реализации. Учитывая трудноформализуемую конкретику задачи прогнозирования потенциала РПИ, предложено использовать аппарат экспертно-критериального анализа (ЭКА), как действенного инструмента нелинейной квалиметрии логически не четких категорий. При этом показана возможность раздельного моделирования патентоспособности инновации на самых ранних, не формализованных этапах её жизненного цикла и ожидаемой технико-экономической эффективности на этапе будущего внедрения инновации в сферу реального производства. Причем высокий потенциал РПИ обуславливает инвестиционную привлекательность технологически нового предложения, в том числе как креативной базы для формирования соответствующего нематериального актива Разработчика.

Рассмотрен пример реализации предлагаемого квалиметрического анализа РПИ путём ЭКА нескольких патентов на изобретения в области реализации потенциала широких функциональных возможностей энергоэкстремальных гидроструйных технологий (ЭГТ). Показано, что максимальным рейтингом РПИ среди различных вариантов осуществления ЭГТ обладают

инновационные предложения, связанные с использованием природоразличных дополнительных физико-энергетических воздействий на обрабатываемую жидкость.

Таким образом, предложен квалиметрический подход к оценке РПИ, что обеспечивает возможность принятия более взвешенных управленческих решений на самом раннем, ещё не формализованном, но весьма креативно-вариативном этапе жизненного цикла инноваций, в первую очередь, физико-технологического профиля.

Список литературы

1. Хвастунов Р.М. Квалиметрия в машиностроении: учебник / Р.М. Хвастунов, В.М. Корнеева, А.Н. Феофанов. – Москва: Экзамен, 2009. – 285 с.

2. Хвастунов Р.М. Экспериментальные оценки в квалиметрии машиностроения: учебное пособие / Р.М. Хвастунов, В.М. Корнеева, О.И. Ягелло. – Москва: АНО «Технонефтегаз», 2002. – 278 с.

3. Барзов А.А. Вероятностное моделирование процедуры экспертно-аналитического анализа качества инноваций /А.А. Барзов, В.М. Корнеева, А.Н. Феофанов // Технология машиностроения. 2018. № 10(196). – С. 63-69.

4. Барзов А.А. Энергоэкстремальные гидроструйные технологии/ А.А. Барзов А.А., В.С. Пузаков, Н.Н. Сысоев. – Москва: МГУ имени М.В. Ломоносова. Физический факультет, 2022 – 238с.

5. Патент № 2027186 C1 Россия, МПК G01N 33/30. Способ активации смазочно-охлаждающей жидкости: заявл. 26.06.1990: опубл. 20.01.1995 / А. А. Барзов, А. А. Вдовин, А. В. Кибальченко, Е. Н. Петухов. – EDN EHTMDU.

6. Патент № 2031847 C1 Россия, МПК C02F 1/00, C02F 1/50, C02F 103/04. Способ обработки воды: заявл. 26.06.1990: опубл. 27.03.1995 / А. А. Барзов, А. А. Вдовин, А. В. Кибальченко, Е. Н. Петухов. – EDN SOOGVJ.

7. Патент № 2270717 C2 Россия, МПК B01J 19/10. Способ обработки жидкости: заявл. 21.05.2004: опубл. 27.02.2006 / К. А. Александров, А. А. Барзов, А. Л. Галиновский [и др.]. – EDN LSZXCH.

8. Патент № 2397012 C2 Россия, МПК B01F 3/12. Способ приготовления суспензий: заявл. 28.07.2006: опубл. 20.08.2010 / А. А. Барзов, А. С. Васильев, А. Л. Галиновский [и др.]. – EDN EVRCDW.

9. Патент № 2578324 C1 Россия, МПК B01J 19/00, C02F 9/08, C02F 1/00. Способ обработки жидкости: заявл. 24.03.2015: опубл. 27.03.2016 / М. И. Абашин, А. А. Барзов, Е. А. Барзов [и др.]. – EDN ZEOAAP.

Егоров М.К.
аспирант
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Россия, Москва
5970510@mail.ru
Козлова А.В.
к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Россия, Москва
a.kozlova@stankin.ru
Научный руководитель: ***Феофанов А.Н.***
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Россия, Москва
feofanov.fan1@yandex.ru

ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ ПРОДУКЦИИ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КАК ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА

Аннотация. В данной работе описаны методы оценки уровня надёжности, проанализированы факторы, влияющие на надёжность и способы повышения надёжности систем.

Разработка и применение принципов оценки уровня надёжности имеет большое значение для обеспечения эффективности, экономичности отдельных систем структуры, повышение надёжности систем, и компонентов, используемых в машиностроении, транспорте и т.д.

Ключевые слова: оценка, машиностроительное предприятие, автоматизация, качество, оценка надёжности, надёжность, управление.

Egorov M.K.
Postgraduate Student
MSUT «STANKIN»
Russia, Moscow
5970510@mail.ru
Kozlova A.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department
MSUT «STANKIN»
Russia, Moscow
a.kozlova@stankin.ru
Scientific Advisor: ***Feofanov A.N.***
Doctor of Technical Sciences, Professor
MSUT «STANKIN»
Russia, Moscow
feofanov.fan1@yandex.ru

ASSESSMENT OF PRODUCT RELIABILITY AT MACHINE-BUILDING ENTERPRISES AS A BASIS FOR QUALITY IMPROVEMENT

Abstract. This paper describes methods for assessing the level of reliability, analyzes the factors affecting reliability and ways to improve the reliability of systems.

The development and application of reliability assessment principles is of great importance for ensuring the efficiency, cost-effectiveness of individual structural systems, improving the reliability of systems and components used in mechanical Engineering, transport, etc.

Keywords: assessment, machine-building enterprise, automation, quality, reliability assessment, reliability, management.

Надёжность является критически важным аспектом различных систем и компонентов. Оценка уровня надёжности позволяет нам количественно и качественно определить вероятность безотказной работы системы, узла или отдельных компонентов. Вышеизложенная информация имеет особое значение для принятия действий и решений в области проектирования, производства, эксплуатации и обслуживания. В ходе разработки аддитивных технологий предлагались многочисленные различные термины и определения, часто со ссылкой на конкретные области применения и товарные знаки. К сожалению, эти термины имеют неоднозначное понимание, что затрудняет процесс внедрения аддитивных технологий.

Оценка уровня надежности продукции осуществляется при решении следующих практических задач:

- ранжирование и выбор наилучшего по показателям надежности продукции, а также по показателям результативности деятельности в сфере управления качеством и надежностью продукции;
- планирование показателей надежности продукции, в том числе с применением директивных методов планирования и обеспечения требуемого уровня показателей надежности продукции;
- анализ динамики и прогнозирование уровня надежности продукции;
- оценка соответствия надежности продукции требованиям нормативных документов и выработка решений и мероприятий по выпуску продукции, отвечающей требованиям.

Показатели надежности продукции в зависимости от характера решаемых задач по оценке уровня надежности продукции классифицируются по различным признакам.

Управление оценкой надежности продукции по показателям осуществляется в следующей последовательности из нескольких этапов:

- установление объема, периодичности, методов и средств контроля и качества и испытаний изделий;
- определение фактических значений показателей надежности продукции по результатам контроля и испытаний на стадиях жизненного цикла изделий «производство», «эксплуатация»;

- статистическая оценка показателей надежности продукции и их соответствия требованиям;

- получение результата оценки и принятие мер по обеспечению соответствия показателей надежности продукции требованиям;

- планирование деятельности по управлению оценкой надежности.

Надёжность в соответствии с нормативными документами ГОСТ 27.002-2015, свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки. Внутреннее свойство объекта, заложенное в него при проектировании и изготовлении и проявляющееся во время эксплуатации [1].

Надёжность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения исследуемого объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость или определённые сочетания этих свойств. Надёжность отражает устойчивость начального качества объекта во времени. При описании надёжности используются термины «элемент» – любой объект, внутренняя структура которого на данном этапе анализа надёжности не учитывается, и «система» – совокупность элементов, соединённых между собой каким-либо способом. Для повышения надёжности систем используют различные способы и технические и алгоритмические приёмы резервирования (структурного, функционального, программного и др.). Повышение надёжности элементов достигается за счёт контроля и совершенствования технологий изготовления, проведения испытаний.

Практическая направленность исследований надёжности

Исследования надёжности имеют практическую направленность, поэтому зачастую они регламентируются нормативными документами, в первую очередь при прогнозировании безотказности элементов.

Общий путь построения моделей надёжности систем состоит в формировании множества технических состояний, классификации состояний, определении возможных переходов между состояниями. Множество технических состояний определяется набором работоспособных и отказавших элементов системы.[2] Это множество может быть переопределено, например, учётом различных видов отказов одного элемента, последовательности возникновения отказов различных элементов. Переходы между техническими состояниями системы обусловливаются отказами элементов, восстановлением работоспособности (элемента, подсистемы, системы в целом), изменением условий работы. Процесс перехода определяет последовательность интервалов времени непрерывного пребывания системы в различных состояниях. Предполагается, что переходы из одного состояния в другое происходят мгновенно, а время пребывания в каждом состоянии конечно и,

как правило, случайно. Случайность этих величин обуславливает использование теории вероятностей и математической статистики как основного аппарата теории надёжности.

Оценка показателей надёжности изделий машиностроительных предприятий

Целью сбора, обработки, анализа и оценки информации о надежности продукции является обеспечение подразделений в сфере управления качеством объективными и достоверными сведениями о показателях фактической надежности продукции, используемыми при оперативном управлении уровнем качества и надежности продукции, обосновании и реализации мероприятий по увеличению гарантийных сроков и ресурсов продукции, решении задач обеспечения качества и заданного уровня надежности изделий продукции, включая анализ возможных причин и последствий дефектов (отказов).[3]

Задачами сбора, обработки, анализа и оценки информации о надежности являются:

1. оценка точечных и интервальных значений и тенденций изменения показателей надежности продукции;
2. оценка соответствия достигнутой надежности продукции установленным требованиям;
3. выявление причин и факторов, снижающих (ограничивающих) надежность продукции;
4. оценка эффективности принимаемых мер по обеспечению или повышению уровня надежности продукции.

Реализация и контроль показателей надежности технологических процессов (систем) при производстве продукции, приемосдаточных и периодических испытаний;

- рекламационная и претензионная работа;
- авторский надзор производства и эксплуатации продукции;
- оказания технической помощи эксплуатирующим организациям при вводе продукции в эксплуатацию;
- штатной (подконтрольной, опытной) эксплуатации;
- инспекторских проверок, осуществляемых второй (третьей) стороной.

Контролируемые показатели надежности продукции

Средняя наработка на дефект (отказ) продукции j-го типа ($\underline{T}$oj), случайная величина, характеризующая интервал времени между i-ым и i-1-м дефектом (отказом), час. Средняя наработка до дефекта (отказа) i-го продукции j-го типа ($t$nij), случайная величина, отражающая использованную часть гарантийного (технического) ресурса изделия, час. Интенсивность дефектов (отказов) λj – случайная величина, исчисляемая количеством дефектов (отказов) изделий j-го типа в единицу времени, 1/час.

Для совокупности продукции различных типов, объединенных в группы или кластеры в интересах оценки уровня надежности продукции,

могут использоваться средневзвешенные (арифметически или геометрически) показатели.[4]

Интенсивность дефектов (отказов) также может оцениваться как показатель, характеризующий результативность производственного процесса или его технологическую систему. В этом случае λдо определяется как средневзвешенная свертка значений показателей интенсивностей дефектов (отказов) изделий j-го типа,

$$j \in 1 \dots \alpha, \alpha_j \leq \alpha$$

вероятность безотказной работы продукции j-го типа $P(t)$ – случайная величина, характеризующая вероятность того, что за заданный интервал времени не произойдет ни одного дефекта (отказа) j-го продукции, либо совокупности разнотипной продукции $j \in 1 \dots \alpha_j, \alpha_j \leq \alpha$, либо всей совокупности изделий $j \in 1 \dots \alpha$ по номенклатуре предприятия и поставляемых заказчику в рассматриваемый период времени или к установленному моменту времени. Вероятность безотказной работы $P(t)$ определяется на заданном интервале времени. Показатель «вероятность безотказной работы» $P(t)$ также используется для управления оценкой надежности продукции.

В заключении можно добавить, что обновление принципов оценки надёжности ведет к неизбежному поиску новых подходов и приемов использования полученных знаний. Применяя принципы оценки уровня надёжности, инженеры и специалисты могут принимать обоснованные и взвешенные решения, направленные на повышение безопасности, качества и количества выпущенной продукции, а также сроков послепродажного обслуживания. Таким образом можно сделать вывод, что непрерывные исследования и разработки в области оценки уровня надёжности предполагают дальнейшее улучшение в методах и инструментах, что позволит точнее и эффективнее оценивать и повышать надёжность систем, сократятся финансовые расходы и повысится качество выпускаемой продукции на всех предприятиях.

Список литературы

1. Баженов, Ю. В. Основы теории надежности машин : учеб. пособие / Ю. В. Баженов. – М.: Форум, 2014. – 320 с.
2. Острейковский В. А. //Теория надежности.-М.: Высшая школа, 2008. –463с.
3. Байхельт Ф., Франкен П. //Надежность и техническое обслуживание. Математический подход.-М.: Радио и связь, 1988. –393с.
4. Яхьяев, Н. Я. Основы теории надёжности и диагностика: учебник / Н. Я. Яхьяев, А. В. Кораблин. – М.: Академия, 2009. – 256 с.

Барзов А.А.
д.т.н, профессор, ведущий научный сотрудник
МГУ имени М.В.Ломоносова
Россия, Москва
a.a.barzov@gmail.com
Корнеева В.М.
д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Россия, Москва
v_korneeva@list.ru
Корнеев И.С.
студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Россия, Москва
iskorn@icloud.com
Сеина Я.Д.
студент
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Россия, Москва
yaseina@yandex.ru

ЭКСПЕРТНО-КРИТЕРИАЛЬНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ИННОВАЦИЙ ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ (НА ПРИМЕРЕ НКИ)

Аннотация. Предложен алгоритмизированный подход к разработке методики формирования предиктивно-рейтинговой оценки потенциала ожидаемой результативности различных инновационных предложений, в первую очередь физико-технологического профиля путём их экспертно-критериального анализа. В качестве основного объекта анализа выбрана оценка диссертабельности тематики научно-квалификационных исследований НКИ, как характерных инноваций в сфере развития прогрессивных технологий. В дополнение к известным критериям диссертабельности НКИ предложены сущностно-информационные критерии, позволяющие повысить достоверность предиктивной оценки их потенциала ожидаемой результативности. Определена значимость данных критериев при осуществлении процедуры обработки результатов экспертного оценивания методом взвешенной суммы. Этот метод, как способ формализации оценочных суждений экспертов использовался, применительно к обоснованию актуальности и значимости профильных НКИ в области технологий мезодиагностирования. Приведён пример использования разрабатываемого методического подхода для определения рейтинга различных НКИ в области развития аппарата мезодиагностики, в частности метода акустической эмиссии. Было показано, что из нескольких вариантов тематики НКИ наибольшим рейтингом диссертабельности обладает изучение потенциала возможностей технологии мезодиагностики, функционального качества изделий, которая основана на использовании физических эффектов усталостно-магнитной эмиссии материалов.

Ключевые слова: рейтинг, диссертабельность, экспертиза, мезодиагностика, акустическая эмиссия.

Barzov A.A.
Doctor of Technical Sciences, Professor, leading Researcher

Lomonosov Moscow State University
Russia, Moscow
a.a.barzov@gmail.ru
Korneeva V.M.
Doctor of Technical Sciences, Professor
Bauman Moscow State Technical University
Russia, Moscow
v_korneeva@list.ru
Korneev I.S.
Student
Bauman Moscow State Technical University
Russia, Moscow
iskorn@icloud.com
Seina Y. D.
Student
Bauman Moscow State Technical University
Russia, Moscow
yaseina@yandex.ru

EXPERT-CRITERIA FORECASTING THE POTENTIAL OF FUNCTIONAL PERFORMANCE OF PHYSICAL AND TECHNOLOGICAL INNOVATIONS (BY THE EXAMPLE OF NKI)

Abstract. An algorithmized approach to the development of a methodology and the formation of a predictive rating assessment of the potential of the expected effectiveness of various innovative proposals, primarily the physico-technological profile through their expert-criteria analysis, is proposed. As the main object of the analysis, an assessment of the dissertability of the subject of scientific and qualification research of the NCI, as characteristic innovations in the field of development of progressive technologies, was chosen. In addition to the well-known criteria for the dissertability of NCIS, essential information criteria are proposed to increase the reliability of the predictive assessment of their potential for expected performance. The significance of these criteria in the processing of the results of expert evaluation by the weighted sum method is determined. This method, as a way of formalizing the evaluative opinions of experts, was used in relation to substantiating the relevance and significance of specialized scientific research in the field of mesodiagnostic technologies. An example of using the developed methodological approach to determine the rating of various NCI in the field of mesodiagnostic apparatus development, in particular the acoustic emission method, is given. It was shown that out of several variants of the NCI topic, the study of the potential of mesodiagnostic technology and the functional quality of products, which is based on the use of the physical effects of fatigue magnetic emission of materials, has the highest dissertability rating.

Keywords: rating, dissertability, expertise, meso diagnostics, acoustic emission.

Обоснование актуальности и значимости ожидаемых результатов планируемого научно-квалификационного исследования (НКИ) является одним из важнейших слагаемых его успешного выполнения. Однако, как правило, этот этап работы над диссертацией, как научной инновации, пока ещё методически во многом не совершенен. Это обстоятельство позволяет поставить задачу по разработке соответствующей методики максимально объективного обоснования ожидаемого потенциала результативности, который будет

сформирован по завершению выполнения соответствующего научно-прикладного исследования по инновационной тематике. Очевидно, что особенно важно полномасштабное решение данной задачи при подготовке кадров высшей квалификации для передовых отраслей науки и технологий, в частности в сфере атомной промышленности, ракетно-космического машиностроения и других все более интенсивно развивающихся направлений реальной экономики.

В связи с вышеизложенным ниже предлагается методически алгоритмизированный подход к рейтинговой оценке потенциала функциональных возможностей инноваций физико-технологического профиля, к которым, в том числе относятся НКИ по актуальной тематике мезодиагностического профиля. Рассмотрен пример реализации методики для обоснования перспектив развития метода акустической эмиссии (АЭ), как важного звена в структуре комплексного информационно-диагностического обеспечения эксплуатационной надёжности крупногабаритных конструкций в особых условиях их эксплуатации.

Рейтинговая формализация структуры экспертно-критериальной оценки потенциала возможностей физико-технологических инноваций

Трудноформализуемый характер предиктивной оценки потенциала функциональных возможностей разнопрофильных инноваций в условиях неопределённости исходной информации о них предопределяет необходимость использования аппарата нечёткой квалиметрии и, в первую очередь, метода экспертно-критериального анализа [1-3]. Под рейтинговой оценкой потенциала ожидаемой результативности (ПОР) будем понимать комплекс объективных параметров, отражающих формализованное субъективное мнение группы профильных специалистов-экспертов о предмете их анализа, в первую очередь о предполагаемом функциональном качестве соответствующей инновации.

В данной работе основным объектом анализа экспертов была задача оценки ПОР позиций диссертабельности различной тематики в области технологий мезодиагностирования (ТМД), рассмотренных в [4,5]. Исходя из информационно-физической сущности рассматриваемой задачи по прогнозированию качества перспективных видов ТМД эксперты обоснованно и консолидировано предложили следующие основные оценочные критерии, количественная значимость которых (в баллах), также была определенная ими по результатам (ЭКА).

1. Информационная содержательность (ИС) – критерий, характеризующий степень достаточности уровня получаемой информации при использовании анализируемого вида ТМД в научно-прикладном аспекте, связанном с решением конкретной задачи. Значимость ИС: 9,3.

2. Технологичность реализации (ТР) – параметр, комплексно отражающий имеющуюся возможность технической реализации инновационного предложения, прогрессивной разработки или нового КТР при современном

уровне развития технологий при допустимой степени затратности освоения штатного производства ПР. Значимость ТР: 9,0

3. Масштаб применения (МП) – параметр, характеризующий сферу рационального использования перспективного вида ТМД. Косвенно критерий МП отражает универсальность применения данного метода ТМД в отраслях реального производства. Значимость МП: 8,8

4. Жизненный цикл (ЖЦ) – предполагаемое время, затрачиваемое не только на реализацию разработки, но и что самое важное, продолжительность её результативного применения в сфере реальной экономики с учетом возможностей модернизации. Значимость ЖЦ: 8,7.

5. Эффективная сочетаемость (ЭС) – параметр, характеризующий реальную возможность встраивания анализируемой разработки в существующую систему контроля и диагностики функционального качества различных ПР для повышения эффективности применения имеющейся данной базовой информационной системы. Значимость ЭС: 8,4.

6. Стоимостные затраты (СЗ) – обобщенная характеристика всех основных видов затрат в стоимостном выражении на весь цикл освоения инновационной разработки, включая подготовку кадрового обеспечения и расходов на патентование новых КТР. Значимость СЗ: 7,9.

В качестве примера ЭКА перспективной тематики НКИ в области ТМД и в частности информационно-физического потенциала метода АЭ были сформулированы следующие направления его диссертационной реализации.

1. Изучение физических особенностей мало- и сверхмалоэнергоёмких процессов ударно-неравновесного характера, в частности в условиях близкого и дальнего космоса. Условное название тематики данного НКИ – неравновесно-космическая эмиссия (НКЭ).

2. Применение метода АЭ для информационно-диагностического обеспечения импульсных технологических процессов, в первую очередь ультразвуковой, лазерной, электроэрозионной обработки материалов. Условное название: технологическая акустическая эмиссия (ТАЭ).

3. Анализ эксплуатационной, в том числе в режиме ЧС (пожар, землетрясение) деградации границ раздела в композиционных материалах (на примере железобетонных конструкций). Условное название: гранично-композиционная эмиссия (ГКЭ).

4. Реализация магнито-силового сканирования потенциально опасных зон ОА изделий, в первую очередь, при их пневмо-гидроиспытаниях (на примере сварных швов крупногабаритных сосудов давления). Условное название – эмиссия при магнитно-силовом сканировании (ЭМС).

5. Анализ ПОР усталостно-магнитного (вариативного) воздействия на ОА объект с целью инициации в нем явления АЭ, которое лоцируется в материале поверхностного слоя (МПС). Условное название: усталостно-магнитная эмиссия (УМЭ).

В соответствии с методикой критериально-предиктивной оценки рейтинга НКИ методом взвешенной суммы [1-3] экспертами была проведена

соответствующая аналитическая работа. Результаты этой работы в обобщённом виде представлена в таблице.

Таблица

Итоговый рейтинг потенциала возможностей сравниваемых тематик НКИ

Сравниваемая тема НКИ	НКЭ	ТАЭ	ГКЭ	ЭМС	УМЭ
Расчетное значение рейтинга	1,65	1,55	2,05	2,87	4,25
Примечание. Значение сопоставимых рейтингов ЭМС, УМЭ и частично ГКЭ справедливы только для ферромагнитных материалов и изделий из них					

Из данных, представленных в таблице, следует максимальная диссертабельность технологии УМЭ. Приведенный пример наглядно иллюстрируют приоритетность выше сформулированной во многом условной тематики НКИ, которая была обоснована путём ЭКА ПОР конкретных направлений развития ТМД, в частности метода АЭ.

Предложенная в данной работе методика, направлена на объективизацию процесса по сути субъективного обоснования актуальности и значимости планируемых НКИ физико-технологического профиля, в частности в сфере обеспечения функционального качества изделий с жёсткими требованиями по эксплуатационной надёжности. Поэтому её масштабное применение, после тематической конкретизации в соответствии с перечнем научных направлений подготовки кадров высшей квалификации, позволит повысить достоверность оценки потенциала ожидаемой результативности от выполнения соответствующих НКИ в виде профильных диссертационных работ.

В качестве примера реализации методики ЭКА определен предиктивный рейтинг ПОР тематики нескольких профильно-реалистичных НКИ в области развития метола АЭ в виде соответствующих диссертационных работ.

Таким образом, использование предлагаемой методики при выполнении НКИ существенно повышает содержательную значимость этапа обоснования их актуальности реалистичного потенциала возможностей, а также ожидаемой востребованности результатов работы в сфере производственной экономики. В перспективе, после соответствующей тематической модернизации, данная квалиметрическая технология способна пополнить арсенал методов и средств предиктивного анализа функционального качества прогрессивных предложений, стартапов, новых КТР и других инноваций, в том числе не только физико-технологического профиля. Причем основная перспектива её развития связана с полномасштабным применением инструментария «искусственного интеллекта» в области ЭКА.

Список литературы

1. Барзов А.А., Денчик А.И., Прохорова М.А., Сысоев Н.Н. Масштабный фактор (феноменология и физико-технологические приложения). М: МГУ имени М.В. Ломоносова. Физический факультет, 2021. – 194 с.: илл.

2. Барзов А.А., Ветлинская М.В., Сысоев Н.Н. Предиктивное моделирование трудноформализуемых категорий // М.: МГУ имени М.В. Ломоносова. Физический факультет. – 2021. – 274 с.

3. Барзов А.А., Корнеева В.М., Феофанов А.Н. Вероятностное моделирование процедуры экспертно-аналитического анализа качества инноваций // Технология машиностроения. – 2018. – № 10(196). – С. 63-69.

4. Барзов А.А., Пузаков В.С., Сысоев Н.Н. Физико-технологическая мезодиагностика – М: МГУ имени М.В. Ломоносова. Физический факультет, 2023 – 206с.

5. Барзов А.А., Кузнецов А.В., Пузаков В.С., Сысоев Н.Н.Предиктивные мезотехнологии (на примере энергоэкстремальной гидроструйной диагностики функционального качества) – М.: МГУ имени М.В. Ломоносова. Физический факультет, 2022. – 226с.

Гришина Т.Г.
д.т.н., профессор
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Россия, Москва
grishena@mail.ru
Бекасова Е.Н.
аспирант
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Россия, Москва
bekasova-ekaterina@mail.ru

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ЕГО ВКЛАД В ФОРМИРОВАНИЕ И МОДЕРНИЗАЦИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация. Статистический анализ играет важную роль в современной промышленности, так как условиях растущей конкуренции и необходимости оптимизации всех аспектов производственного процесса, именно он становится тем инструментом, который позволяет компаниям не только анализировать большие объемы данных, но и принимать обоснованные решения на основе этих данных. Применение статистических методов помогает предприятиям улучшать качество продукции, снижать затраты, увеличивать производительность труда и, в конечном итоге, усиливать свои конкурентные преимущества. От точности проведенных анализов зависит способность предприятия быстро адаптироваться к изменениям внешней среды и эффективно управлять внутренними ресурсами.

Ключевые слова: статистический анализ, модернизация, статистика, технологические предприятия, автоматизация, качество.

Grishina T.G.
Doctor of Technical Sciences, Professor
MSUT «STANKIN»
Russia, Moscow
grishena@mail.ru
Bekasova E.N.
Postgraduate Student
MSUT «STANKIN»

Russia, Moscow
bekasova-ekaterina@mail.ru

STATISTICAL ANALYSIS AND ITS CONTRIBUTION TO THE FORMATION AND MODERNIZATION OF TECHNOLOGICAL ENTERPRISES

Abstract. Statistical analysis plays an important role in modern industry, as in conditions of increasing competition and the need to optimize all aspects of the production process, it becomes the tool that allows companies not only to analyze large amounts of data, but also to make informed decisions based on this data. The use of statistical methods helps enterprises to improve product quality, reduce costs, increase labor productivity and, ultimately, strengthen their competitive advantages. The accuracy of the analyses depends on the ability of the enterprise to quickly adapt to changes in the external environment and effectively manage internal resources.

Keywords: statistical analysis, modernization, statistics, technological enterprises, automation.

В настоящее время на предприятиях достаточно остро стоит задача повышения эффективности производства и качества выпускаемой продукции, а также обеспечения нового качества управляемости, в том числе за счет оперативности управления технологическими системами [5].

Современные технологические предприятия особенно активно внедряют статистические методы в свои производственные процессы, поскольку это позволяет им не только контролировать качество на каждом этапе, но и предсказывать возможные сбои до их возникновения. Так как статистические методы являются эффективным инструментом сбора и анализа информации их применение не требует больших затрат и позволяет с заданной степенью точности и достоверностью судить о состоянии исследуемых явлений (объектов, процессов), прогнозировать и регулировать проблемы на всех этапах их жизненного цикла и на основе этого вырабатывать оптимальные управленческие решения.

Эффективность работы органа управления производством характеризуется внешними и внутренними критериями. Внешние критерии определяют эффективность протекающих в автоматизированном производстве процессов, внутренние – характеризуют процесс управления, используются для его оптимизации и должны согласовываться с внешними критериями. Основными внутренними критериями являются оперативность управления и обоснованность решений. Оба они согласуются с внешними критериями: оперативная работа органа управления, направленная на выработку обоснованных решений, ориентирована на максимальное использование потенциальных возможностей объектов и систем производств. Повышение оперативности функционирования органа управления позволяет сократить время реакции системы на отклонения в производственном процессе по тем или иным показателям, уменьшить время перестройки автоматизированного производства, т.е. повысить гибкость его работы [6].

Так как в настоящее время информационные системы используются во всех сферах деятельности человеческого общества, основным критерием оптимальной работы информационной системы предприятия является полная автоматизация [9]. Это особенно важно при необходимости обрабатывать огромные потоки данных. При этом необходимо особое внимание обращать не только на создание единой информационной среды, но и на возможность оценки рисков, загруженности и функциональности производственных процессов. Такую возможность дает применение статистических методов.

К настоящему времени в мировой практике накоплен огромный арсенал статистических методов, многие из которых могут быть эффективно использованы для решения рассматриваемых вопросов. Условно все методы можно классифицировать по признаку общности на три основные группы: графические методы, методы анализа статистических совокупностей и экономико-математические методы. Данная классификация дает наглядное представление о разнообразии статистических методов и о тех потенциальных возможностях, которыми они располагают по части их использования при анализе данных.

Статистические методы – совокупность методов анализа статистических данных. Основными методами являются: регрессивный, дисперсионный и факторный виды анализа, метод сравнения средних, метод сравнения дисперсий. Они позволяют установить зависимость изучаемых явлений от случайных факторов как качественную (дисперсионный анализ), так и количественную (корреляционный анализ), исследовать связи между случайными и неслучайными величинами (регрессивный анализ), выявить роль отдельных факторов в изменении анализируемого параметра (факторный анализ) и т.д. В промышленности это позволяет принимать обоснованные решения на основе фактических данных, а не интуитивных предположений. Анализ данных с помощью статистических методов может быть выполнен в несколько этапов (табл.).

Таблица

Этапы анализа данных и их статистические методы

№ п/п	Этапы анализа данных	Статистические методы исследования
1.	Сбор и описание данных	Описательная статистика, определение необходимого объема выборки.
2.	Изучение сходств и различий	Статистические критерии: Крамера-Уэлча, Вилкоксона-Манна-Уитни, хи–квадрат, Фишера и др.
3.	Исследование зависимостей	Корреляционный анализ, дисперсионный анализ, регрессионный анализ.
4.	Снижение размерности	Факторный анализ, метод главных компонент.
5.	Классификация и прогноз	Дискриминантный анализ, кластерный анализ, группировка.

Сбор и описание данных на предприятиях является первым шагом в статистическом анализе и критически важен для обеспечения качества и точности последующего анализа.

Для сбора исходной информации для анализа проводятся следующие мероприятия [10]:

1. Инспекционный контроль: фиксация контрольной информации по входящему сырью и материалам, по готовой продукции, а также информации по промежуточному контролю.

2. Контроль производственных процессов и операций: регулярный сбор данных о процессах и работах, о состоянии оборудования и инструмента, а также о проводимых процедурах технического обслуживания и ремонта.

3. Контроль логистических операций: фиксация данных о материальных потоках (о движении сырья, материалов и готовой продукции на предприятии) и соответствующих информационных потоках.

4. Контроль взаимоотношений с покупателями: отгрузка и возврат продукции, процедуры обслуживания заказчиков, материалы маркетинговых исследований и т.д.

5. Контроль финансовых потоков: фиксация информации о затратах, финансовых результатах, активах и пассивах.

Сбор данных может осуществляться через различные каналы, включая: автоматический сбор данных с производственных линий с использованием сенсоров и мониторинговых систем. Ручной сбор данных, который все еще применяется для определенных видов данных, особенно в случаях, когда автоматизация невозможна. Использование информационных систем, таких как ERP (Enterprise Resource Planning) и CRM (Customer Relationship Management), которые предоставляют данные о продажах, запасах, клиентских операциях и многое другое.

После сбора данных следует изучение сходств и различий, их анализ, который может быть выполнен с помощью различных статистических программ и инструментов, Python с библиотеками для статистического анализа, Excel и специализированные программы типа Minitab или SPSS.

Процесс анализа включает в себя следующие этапы: предварительная обработка данных – очистка данных от ошибок и аномалий, обработка пропущенных значений, нормализация данных. Исследовательский анализ данных (EDA) – визуализация данных с помощью графиков и диаграмм для выявления закономерностей и выбросов. Статистический анализ – применение статистических тестов и моделей для тестирования гипотез и построения прогнозов.

Применение этих методов позволяет предприятиям не только контролировать текущее состояние производственных процессов, но и адаптироваться к меняющимся условиям рынка, а также предсказывать будущие тренды и оперативно на них реагировать.

Статистический анализ оказал огромное влияние на модернизацию и оптимизацию производственных процессов в различных отраслях. Например, машиностроительная промышленность – использование статистических методы для анализа причин дефектов на конвейере. С помощью анализа регрессии и моделирования могут быть определены ключевые факторы, влияющие на качество сборки. Это позволяет предприятию перераспределить ресурсы и внести коррективы в процесс сборки, что приводит к снижению дефектов.

Также применение рассматриваемого метода используется в электронике, а именно применение многофакторного анализа вариации (ANOVA) для определения статистически значимых различий в производственных процессах на разных заводах. Результаты анализа используются для стандартизации процессов, что улучшает качество продукции и уменьшает количество брака.

Можно сделать вывод, что применение статистического анализа в производстве направлено на достижение двух ключевых целей: повышение эффективности производственных процессов и снижение затрат. Эти цели достигаются за счет ряда факторов: улучшение качества продукции, оптимизация использования ресурсов, планирование производства.

Таким образом, статистический анализ не только улучшает качество и эффективность производства, но и является ключевым инструментом в управления для снижения затрат и повышения конкурентоспособности предприятия.

Инновационные автоматизированные технологии часто требуют обоснования перед тем, как они будут масштабно внедрены в производство. Статистический анализ играет в этом процессе ключевую роль, поскольку предоставляет данные для оценки эффективности и потенциальной прибыльности нововведений. Интеллектуальные производственные системы – системы, основанные на искусственном интеллекте и машинном обучении. Статистические модели помогают оценить эффективность этих систем, сравнивая производительность до и после их внедрения;

Роботизированные автоматизированные системы – роботизация производственных линий требует точного анализа данных о движениях, времени выполнения операций и возможных ошибках. Статистический анализ данных позволяет оптимизировать их работу для достижения максимальной эффективности;

Большие данные и аналитика – сбор и анализ больших данных с производственных линий и рынков позволяет компаниям адаптироваться к изменениям спроса и конкурентной среды. Статистический анализ таких данных помогает выявить тренды, предсказывать изменения и соответственно адаптировать производственные мощности.

Применение статистического анализа в модернизации технологических предприятий демонстрируют его ценность как для повышения эффективности и качества текущих операций, так и для обоснования и оптимизации

внедрения новых технологий. Это способствует не только улучшению конкретных производственных параметров, но и обеспечивает долгосрочное устойчивое развитие предприятий в условиях постоянно изменяющейся экономической и технологической среды.

Несмотря на значительные преимущества, использование статистического анализа в промышленности сталкивается с рядом проблем и барьеров, которые могут замедлить или ограничить его внедрение. Например, недостаток квалифицированных специалистов – одной из основных проблем является дефицит кадров, способных эффективно работать с большими данными и статистическими аналитическими инструментами.

В то время как существуют барьеры и вызовы, будущее статистического анализа в промышленности обещает новые возможности для роста и инноваций. Автоматизация и искусственный интеллект – продолжающееся развитие в области искусственного интеллекта и машинного обучения предоставляет новые инструменты для автоматизации и улучшения статистического анализа. Эти технологии помогают предприятиям обрабатывать большие объемы данных более эффективно и с меньшими затратами

Развитие интегрированных платформ, которые могут собирать, анализировать и визуализировать данные из различных источников в реальном времени, предоставляет возможности для более глубокого понимания и управления производственными процессами.

Можно сделать вывод, что статистический анализ способствует повышению эффективности, снижению затрат и улучшению качества продукции, позволяя предприятиям оставаться конкурентоспособными на рынке. Данные и их анализ могут значительно улучшить производственные процессы и внести вклад в стратегическое развитие компаний. Тем не менее, проблемы, такие как нехватка квалифицированных специалистов, высокая стоимость внедрения и сопротивление изменениям, требуют внимания и решения на уровне отраслевых стандартов и образовательных программ.

Статистический анализ не просто помогает решать оперативные задачи, но и служит основой для стратегического планирования и развития предприятий. Он позволяет компаниям не только реагировать на текущие изменения в производственных процессах и на рынке, но и прогнозировать будущие тренды, что является ключевым для долгосрочного успеха. Использование предиктивной аналитики и машинного обучения позволяет предприятиям быть на шаг впереди, адаптируясь к возможным рыночным изменениям и технологическим инновациям.

В заключение, можно утверждать, что статистический анализ является неотъемлемой частью современного технологического предприятия. Внедрение и развитие статистических методов и инструментов должно стать приоритетом для тех, кто стремится к эффективности, инновациям и устойчивому развитию. Преодоление существующих барьеров и вложение в образовательные ресурсы станут залогом успешного будущего в высококонкурентной промышленной среде.

Список литературы

1. Балинова В. С. Статистика в вопросах и ответах // Учебное пособие, 2004. С. 344.

2. Вильданов Р.Г., Капустин Г.В., Крючко Е.Ю. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3

3. Герасимов Б.И., Глинкин Е.И. Микропроцессоры в приборостроении. М.: Машиностроение, 2018. 328 с.

4. Гинзбург А.И. Статистика, СПб.: Питер, 2003. 128 с.

5. Гришина Т.Г. Оперативность управления технологическими системами // УЭкС. 2012. №9 (45)

6. Гришина Т.Г., Капитанов А.В., Митрофанов В.Г. Цикл выработки и обоснованность принятия решений при управлении автоматизированным производством // Инновации. 2013. №10 (180)

7. Елисеева И.И., Юзбашев М.Н. Общая теория статистики, 2003. С. 234-357.

8. Ефимова М. Р., Рябцев В. М. Общая теория статистики // Финансы и статистика, 1995. С. 121200.

9. Кулагин А.К., Феофанов А.Н. Повышение качества функционирования модулей технической поддержки ИТ-инфраструктуры // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2021. №1 (11).

10. Шишкин И.Ф. Квалиметрия и управление качеством: учебник для вузов. М., 2005.

11. Шмойловой Р.А. Теория статистики: Учебник/ Под ред. Р.А. Шмойловой .4-е изд., доп. и перераб. – М.: Финансы и статистика, 2015. 524-656 с.

Кулагин А.К.
аспирант
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Россия, Москва
alex.kulagin1996@gmail.com
Научный руководитель: ***Феофанов А.Н.***
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Россия, Москва
feofanov.fan1@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Аннотация. В настоящее время аналитика данных используется при решении множества задач на предприятиях. Основным критерием оптимальной работы предприятия является полная автоматизация. В статье рассматривается повышение качества продукции машиностроительного комплекса путем внедрения технологий «больших данных» и аналитики данных.

Ключевые слова: машиностроение, инновации, повышение качества, автоматизированные информационные системы, большие данные, аналитика данных.

Kulagin A.K.
Postgraduate Student
MSUT «STANKIN»
Russia, Moscow
alex.kulagin1996@gmail.com
Scientific Advisor: ***Feofanov A.N.***
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department
MSUT «STANKIN»
Russia, Moscow
feofanov.fan1@yandex.ru

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO IMPROVE PRODUCT QUALITY IN MECHANICAL ENGINEERING

Abstract. Nowadays, data analytics used to solve many tasks in enterprises. The main criterion for optimal operation of the enterprise is full automation. The article considers the improvement of the quality of Engineering complex products through the introduction of Big Data and data analytics technologies.

Keywords: Mechanical Engineering, innovation, quality improvement, automated information systems, big data, data analytics.

В машиностроении инновационные технологии играют важную роль в развитии отрасли и повышении эффективности производства. С развитием новых технологий производства и автоматизации процессов, машиностроительные предприятия становятся более конкурентоспособными и способными к разработке более сложных и качественных изделий. [1]

Предприятиям машиностроительного комплекса необходимо решить множество проблем: управление качеством продукции, вывод инновационной продукции на рынок с полным импортозамещением и т.д.

В условиях усиления конкуренции и повышения требований к качеству предприятия машиностроительной отрасли активно внедряют современные технологии, такие как Big Data и анализ данных, чтобы усовершенствовать свои системы управления качеством.

Однако успешная интеграция Big Data требует не только внедрения передовых IT-решений, но и переосмысления традиционных подходов к управлению качеством. Это включает разработку новых методик анализа данных, обучение персонала и создание культуры непрерывного улучшения на основе данных.

Цель данной статьи – исследовать, как Big Data и аналитика данных могут трансформировать системы менеджмента качества в машиностроении, обеспечивая производителям возможность предвидеть проблемы, оптимизировать операции и достигать новых уровней производительности и качества.

Big Data – это термин, используемый для обозначения обширных и сложных наборов данных, обработка и анализ которых возможны благодаря использованию современных методик и технологий. Аналитика данных

предполагает применение методов и подходов для извлечения ценной информации из этих данных, что способствует оптимизации производственных процессов.

Эти данные характеризуются тремя основными атрибутами:

- Объем – данные генерируются в огромных количествах;
- Скорость – данные поступают с высокой скоростью и должны быть оперативно обработаны;
- Разнообразие – данные приходят в различных форматах (структурированные, неструктурированные, текстовые, мультимедийные и т.д.).

Аналитика данных – это изучение информации с целью обнаружения закономерностей, связей, тенденций или отклонений для принятия обоснованных решений. Этот процесс состоит из следующих этапов:

- Предварительная обработка данных – очищение данных и подготовка к анализу;
- Исследовательский анализ данных – изучение основных характеристик данных;
- Статистический анализ и моделирование – применение статистических методов для интерпретации данных и предсказания будущих тенденций;
- Визуализация данных – графическое представление анализа.

Интеграция Big Data и анализа данных в систему менеджмента качества позволяет машиностроительным компаниям обрабатывать большие объёмы информации, поступающей от датчиков на производственных линиях, логистических центров, контроля качества и обратной связи от потребителей, что позволяет:

- Идентифицировать проблемные области – раннее выявление дефектов в компонентах или процессах;
- Прогнозирование отказов оборудования – модели предиктивного обслуживания, основанные на аналитике, могут предсказывать потенциальные поломки;
- Оптимизация производственных процессов – аналитика помогает в оптимизации ресурсов, времени и энергии.

Рассмотрим варианты применения данных технологий на производстве. В таблице представлены данные примеры.

Таблица

Применение технологии больших данных

Наименование	Описание	Преимущество
Автоматизированный контроль качества на конвейерных линиях	Использование датчиков и камер для сбора данных в реальном времени, которые позволяют мгновенно обнаруживать дефекты и автоматически корректировать настройки оборудования.	Повышение общего качества продукции, уменьшение отходов.
Предиктивное обслуживание оборудования	Аналитика данных позволяет прогнозировать возможные поломки и отказы систем и оборудования, что в свою очередь, дает возможность проводить обслуживание оборудования до возникновения серьезных проблем.	Снижение времени простоя, увеличение срока службы оборудования.
Оптимизация снабжения и логистики	Анализ больших данных позволяет предприятиям лучше планировать закупки сырья и управлять их запасами, уменьшая издержки и избегая простоев.	Уменьшение затрат на материалы, оптимизация складских запасов.

Интеграция технологий «больших данных» и «анализа данных» в рамках системы управления качеством позволяет машиностроительным предприятиям не только повысить качество продукции, но и улучшить производственные процессы, сократить издержки и ускорить принятие решений. Это приводит к росту общей производительности и эффективности компаний.

Инновационные технологии играют важную роль в развитии машиностроения, повышении эффективности производства и создании более качественных и экологически чистых изделий. Технологии Big Data и анализ данных существенно влияют на системы управления качеством в машиностроении. Их интеграция – стратегическая задача, которая значительно повышает конкурентоспособность предприятия в машиностроении. Дальнейшие исследования и разработки в этой области, откроют новые возможности для инноваций и оптимизации производственных процессов.

Список литературы

1. Карташова А. Д. Инновационные проекты в машиностроении в условиях импортозамещения / А.Д. Карташова // NovaInfo. – 2016. – № 44. – С.251-255.

2. Гришина Т. Г. «Оптимизация подсистем автоматизированного производства» // «Технология Машиностроения». – 2011. – №9 – С. 54-56.

3. Промышленный интернет вещей в России // TAdvisor URL: https://www.tAdvisor.ru/index.php/Статья:Промышленный_интернет_вещей_в_России._Обзор_TAdvisor_2022 (дата обращения: 06.12.2022).

4. Кулагин А.К., Феофанов А.Н. «Внедрение инновационных проектов в машиностроении» // «Мехатроника, автоматика и робототехника». – 2022. –№10 – С. 52-54.

Феофанов А.Н.
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой,
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Россия, Москва
feofanov.fan1@yandex.ru
Левшина А.С.
аспирант
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Россия, Москва
annlevagirl@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СЛОЖНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ НА КАЧЕСТВО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Аннотация. Данная статья исследует влияние коэффициента сложности выполнения технологической операции на качество изготовления деталей. Рассматриваются факторы, определяющие уровень сложности операции, и их влияние на конечный продукт. Обсуждаются стратегии оптимизации производственных процессов для снижения негативного влияния высокого коэффициента сложности на качество деталей. В статье также рассматриваются методы контроля процессов, обучение персонала, выбор оборудования и анализ результатов как основные составляющие успешного управления сложностью операций и обеспечения высокого качества изготовления деталей.

Ключевые слова: технологический процесс, производство, качество, стратегия, контроль, предприятие, оборудование.

Feofanov A.N.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department
MSUT «STANKIN»
Russia, Moscow
feofanov.fan1@yandex.ru
Levshina A.S.
Postgraduate Student
MSUT «STANKIN»
Russia, Moscow
annlevagirl@yandex.ru

THE INFLUENCE OF THE COEFFICIENT OF COMPLEXITY OF THE TECHNOLOGICAL OPERATION ON THE QUALITY OF MANUFACTURING PARTS

Abstract. This article examines the influence of the complexity coefficient of the technological operation on the quality of manufacturing parts. The factors determining the level of complexity of the operation and their impact on the final product are considered. Strategies for optimizing production processes to reduce the negative impact of a high complexity factor on the quality of parts are discussed. The article also discusses methods of process control, personnel training, equipment selection and analysis of results as the main components of successful operation complexity management and ensuring high quality of parts manufacturing.

Keywords: technological process, production, quality, strategy, control, enterprise, equipment.

Качество изготовления продукции является одним из ключевых факторов успеха для любого производственного предприятия. Оно определяется множеством различных параметров, включая технологические процессы, методы производства и уровень сложности выполнения операций. В данной статье мы рассмотрим, как коэффициент сложности выполнения технологической операции влияет на качество изготовления изделий и какие стратегии можно применить для оптимизации этого процесса.

1. Определение коэффициента сложности выполнения технологической операции: Коэффициент сложности – это показатель, который характеризует уровень трудоемкости и сложности выполнения конкретной технологической операции. Он может зависеть от различных факторов, таких как необходимое оборудование, квалификация персонала, материалы и технологические процессы.

2. Влияние коэффициента сложности на качество изготовления: Высокий коэффициент сложности выполнения операции может привести к увеличению вероятности ошибок, дефектов и несоответствия стандартам качества. Сложные операции требуют более тщательного контроля, специализированного оборудования и высокой квалификации работников, чтобы гарантировать правильное выполнение процесса и получение качественного продукта (Рисунок 1).



Рис. 1. Схема расчета изготовление детали с применение $К_{то}$

3. Оптимизация технологических процессов: Для снижения влияния высокого коэффициента сложности на качество изготовления изделий предприятия могут применять различные стратегии оптимизации. Это может

включать автоматизацию производственных процессов, обучение персонала, использование новых технологий, а также анализ и улучшение рабочих процессов.

4. Контроль и анализ результатов: Для эффективного управления влиянием коэффициента сложности на качество изготовления необходимо систематически контролировать процессы, проводить анализ результатов и вносить корректировки при необходимости. Регулярный мониторинг позволяет своевременно выявлять проблемы и принимать меры для их устранения (Рисунок 2).

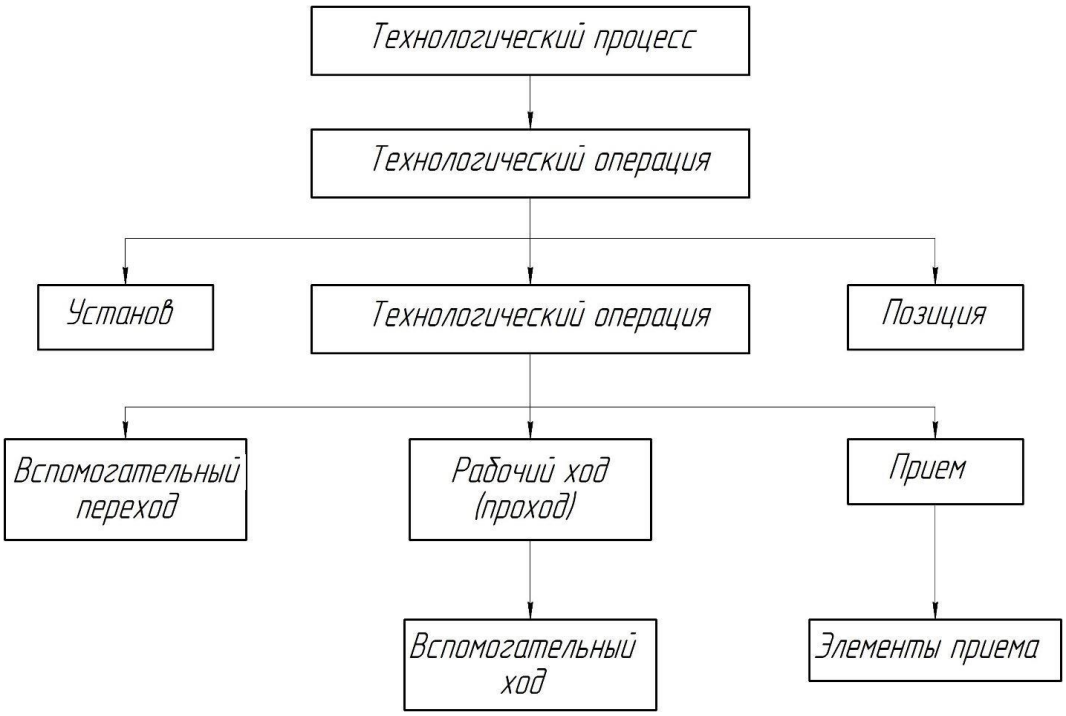


Рис. 2. Схема элементов технологического процесса

Классификация технологических процессов и ТС. К сожалению, приходится констатировать отсутствие достаточно проработанных классификаций технологических процессов. Можно говорить лишь об их делении по типам деталей в основном на три группы- процессы изготовления корпусных деталей, процессы изготовления деталей типа тел вращения и процессы изготовления остальных деталей.

Каждая из этих групп технологических процессов может делиться на единичные, типовые и групповые процессы.

Что касается классификации обрабатывающих технологических систем, ранее называемых системой СПИД (станок-приспособление-инструмент-деталь), то она практически отсутствует и подменяется классификацией станков, являющейся составной частью технологической системы (Рисунок 3).

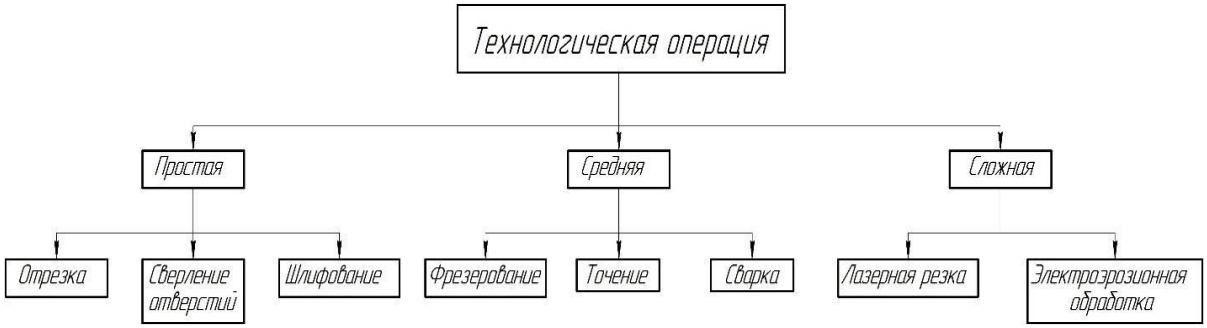


Рис. 3. Классификация технологических операций

Выбранный метод обработки непосредственно влияет на качество изготовления деталей. Различные методы обработки могут оказывать разное воздействие на точность размеров, геометрические параметры, поверхностное состояние и другие характеристики изготавливаемых деталей. Вот некоторые основные аспекты, которые следует учитывать:

1. Точность размеров и формы: Некоторые методы обработки, такие как точение на станке с ЧПУ или шлифование, обеспечивают высокую точность размеров и формы детали. Другие методы, например, фрезерование или сверление, могут быть менее точными.

2. Гладкость поверхности: Некоторые методы, например, шлифование или полировка, позволяют получить очень гладкую поверхность детали. Другие методы могут привести к более шероховатой поверхности.

3. Изменение механических свойств: Некоторые методы обработки могут изменять механические свойства материала детали, например, увеличивать его прочность или жесткость.

4. Деформации и напряжения: Некоторые методы обработки могут вызывать деформации или внутренние напряжения в детали, что может негативно сказаться на ее качестве и долговечности.

5. Эффективность и производительность: Выбор метода обработки также зависит от требуемой производительности и экономической эффективности процесса изготовления.

Важно выбирать метод обработки, который наилучшим образом соответствует требованиям по качеству изготавливаемых деталей. При этом необходимо учитывать, как технологические возможности предприятия, так и требования к конечному продукту. Тщательное планирование и контроль процесса обработки помогут обеспечить высокое качество изготавливаемых деталей и удовлетворение потребностей заказчиков.

Кроме того, сложность технологических операций также может повлиять на общую производительность производственного процесса. Вот как это может проявиться:

1. Влияние на скорость производства:

- Сложные операции могут замедлить процесс изготовления деталей из-за необходимости проведения дополнительных шагов или контроля качества.

- Недостаточная подготовка к сложным операциям или нехватка опыта у сотрудников также может привести к снижению скорости производства.

2. Эффективность использования оборудования:

- При выполнении сложных операций оборудование может работать менее эффективно из-за увеличенного времени цикла или повышенного износа.

- Некоторые сложные операции могут требовать специализированного оборудования, что может ограничить его доступность для других процессов производства.

3. Влияние на гибкость производства:

- Сложные операции могут усложнить изменение производственного процесса или переключение на производство других деталей.

- Отсутствие возможности быстро адаптироваться к изменениям в заказах или спросе может привести к задержкам и потере конкурентоспособности.

Учитывая все эти аспекты, важно балансировать сложность технологических операций с эффективностью производства и качеством конечной продукции. Оптимизация и управление сложностью операций помогут повысить эффективность производства и обеспечить конкурентоспособность предприятия.

Коэффициент сложности выполнения технологической операции имеет значительное влияние на качество изготовления изделий. Повышение сложности может представлять вызовы, но правильное управление процессами, оптимизация технологий и контроль качества позволяют предприятиям достичь высоких стандартов качества и обеспечить конкурентоспособность на рынке.

Высокий коэффициент сложности выполнения технологической операции требует более тщательного планирования и контроля, чтобы минимизировать возможные риски для качества продукции. Оптимизация производственных процессов и улучшение методов выполнения сложных операций могут существенно повысить эффективность и качество производства.

Список литературы

1. Феофанов А., Гришина Т., Схиртладзе А., Куликова С./ Контроль соответствия качества деталей требованиям технической документации-Москва, 2019, 320с.

2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение-Москва,1986, 1151 с.

3. Базров Б.М. /Модульная технология в машиностроении-М.: Машиностроение-Москва, 2001, 368 с.

Исаев Р.А.
аспирант
НИТУ МИСИС
Россия, Москва
1236_1999@mail.ru
Научный руководитель: ***Хунузиди Е.И.***
к.т.н., доцент
НИТУ МИСИС
Россия, Москва
el_hun@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ СОВМЕСТНО С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ: ИНТЕГРАЦИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация. В современном мире информационные технологии играют огромную роль в жизни каждого человека. Однако вместе с развитием технологий появляются новые угрозы и риски, связанные с информационной безопасностью.

Для снижения возможных ущербов от наступления рисков информационной безопасности необходимо управлять ими. Существуют различные подходы и методы для анализа, управления и оценки рисков информационной безопасности, которые описаны в стандартах, рекомендациях и фреймворках. Однако эти методы имеют ряд ограничений, связанных с человеческим фактором и сложностью анализа больших объемов данных.

Искусственный интеллект открывает возможность нового подхода к оценке рисков информационной безопасности, который может дополнить и улучшить существующие методы оценки и управления этими рисками.

В статье рассмотрены возможности и преимущества интеграции искусственного интеллекта со стандартными методологиями управления и оценки рисков для повышения уровня информационной безопасности организаций.

Ключевые слова: риск-менеджмент, управление рисками, идентификация рисков, оценка рисков, искусственный интеллект, машинное обучение.

Isaev R.A.
Postgraduate Student
NUST MISIS
Russia, Moscow
1236_1999@mail.ru
Scientific Advisor: ***Hunuzidi E.I.***
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
NUST MISIS
Russia, Moscow
el_hun@mail.ru

USING RISK ASSESSMENT AND MANAGEMENT METHODS IN CONJUNCTION WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE:

INTEGRATION TO INCREASE THE LEVEL OF INFORMATION SECURITY

Abstract. In the modern world, information technology plays a huge role in the life of every person. However, with the development of technology, new threats and risks related to information security are emerging.

To reduce the possible damage from the onset of information security risks, it is necessary to manage them. There are various approaches and methods for analyzing, managing, and assessing information security risks, which are described in standards, recommendations, and frameworks. However, these methods have several limitations related to the human factor and the complexity of analyzing large amounts of data.

Artificial intelligence opens the possibility of a new approach to assessing information security risks, which can complement and improve existing methods of assessing and managing these risks.

The article discusses the possibilities and advantages of integrating artificial intelligence with standard risk management and assessment methodologies to increase the level of information security of organizations.

Keywords: risk management, risk management, risk identification, risk assessment, artificial intelligence, machine learning.

В современном цифровом мире обеспечение информационной безопасности стало приоритетной задачей для организаций, как малых, так и крупных. Угрозы, связанные с нарушением безопасности данных увеличиваются, и организации должны использовать передовые методы и инструменты для защиты своей информации.

Оценка рисков информационной безопасности является ключевым и стандартным инструментом для потенциального выявления нарушений информационной безопасности в системах и процессах организации, которые могут привести к утечке конфиденциальной информации, нарушению целостности данных или отказу в доступе к ресурсам.

При оценке рисков информационной безопасности организации руководствуются методами, которые содержат различные стандарты, рекомендации и фреймворки. Однако эти методы имеют ряд ограничений, связанных с человеческим фактором и сложностью анализа больших объемов данных. В связи с этим все более популярным инструментом для оценки и управления этими рисками становится искусственный интеллект (ИИ), применение которого может дополнить и улучшить существующие методы и предложить новый подход к оценке рисков информационной безопасности.

В настоящей статье приводится обзор стандартных процессов и задач управления рисками, а также рассматриваются подходы к реализации задач, основанных на применении современных методов ИИ с целью повышения уровня информационной безопасности организаций.

С ростом числа киберугроз и увеличением количества сотрудников, имеющих доступ к конфиденциальной информации, проблема идентификации и оценки рисков информационной безопасности становится все более актуальной.

Для оценки и управления рисками информационной безопасности сейчас используются различные стандарты и методологии, два из которых особенно популярны – ISO/IEC 27005 [1] и Система управления рисками NIST SP 800 [2,3,4].

Эти стандарты предлагают структурированные подходы к управлению рисками и призваны помочь организациям разработать эффективные программы для идентификации рисков информационной безопасности и управления ими. Основная цель стандарта ISO/IEC 27005 – дать рекомендации по созданию системы управления рисками, адаптированной к конкретным потребностям организации. Система управления рисками NIST SP 800 также призвана помочь организациям выявлять риски и определять их приоритетность, а также разрабатывать стратегии по их снижению.

Методология управления рисками информационной безопасности [1], которая базируется на основе подхода «Планируй-делай-проверяй-действуй» (PDCA).

Планирование. Процесс определения того, что необходимо сделать в будущем. В начале этого процесса собирается вся основная информация:

- Определение контекста управления рисками. Включает в себя определение цели и ценностей организации, а также существующих ограничений и определение активов и их ценности.
- Проведение анализа и оценки рисков. Включает в себя выявление рисков и определение их значимости.
- На основе этой информации может быть разработан план управления рисками. Существует четыре варианта управления рисками: снижение, сохранение, предотвращение и передача.

Осуществление. Мероприятия осуществляются в соответствии с планом управления рисками.

Проверка. Ведется постоянный мониторинг свойств активов, рисков и реализуемых мер.

Действие. Подразумевает поддержание актуальности и совершенствование процесса управления рисками. Если аудит выявит изменения в свойствах организации, активах или рисках, цикл будет повторен с учетом новых данных.

Методология управления рисками информационной безопасности [2,3,4], которая состоит из следующих этапов:

1. Идентификация рисков. Этот этап включает в себя выявление потенциальных угроз, уязвимостей и последствий. Важно определить степень толерантности организации к риску. Кроме того, необходимо оценить приоритетность организационных процессов и определить области, в которых

могут быть достигнуты компромиссы для эффективного управления рисками.

2. Оценка рисков. На данном этапе разрабатываются модель нарушителя и модель угроз информационной безопасности. Основной целью является выявление источников угроз информационной безопасности, уязвимостей в инфраструктуре и бизнес-процессах организации, а также сценариев реализации потенциальных угроз. Дополнительно проводится оценка потенциального ущерба от реализации угрозы.

3. Управление рисками. На третьем этапе разрабатываются и внедряются планы реагирования на риски, предлагается несколько подходов к управлению рисками, в том числе:

- Принятие. Руководство принимает на себя ответственность и риски, а инфраструктура организации продолжает функционировать.
- Предотвращение. Риск устраняется путем устранения причин его возникновения или существования.
- Минимизация. Организация принимает компенсационные организационные и технические меры для снижения воздействия риска до приемлемого уровня.
- Разделение. Эта стратегия предполагает распределение угроз и ответственности между различными уровнями инфраструктуры или привлечение третьей стороны для снижения воздействия рисков.
- Перемещение. Ответственность за реализацию рисков и управление ими полностью передается стороне, которая может справиться с ними более эффективно. Примерами могут служить страхование рисков или сторонние сервисы, такие как центр управления безопасностью.

4. Мониторинг рисков. На четвертом этапе процесса описывается, как организация отслеживает риски с течением времени. Это гарантирует, что ранее определенные меры реагирования на риски пересматриваются и выбранные стратегии по-прежнему эффективны. Изменения в организации, бизнес-процессах и информационных системах отслеживаются, чтобы убедиться, что они не вызывают новых рисков.

Интеграция ИИ со стандартными методологиями может быть использована на различных этапах оценки и управления рисками, например, для решения следующих задач:

1. Идентификация и анализ рисков. ИИ может анализировать большие объемы данных и выявлять потенциальные риски, связанные с информационной безопасностью. Это поможет организациям определить наиболее важные аспекты для защиты и сосредоточить усилия на них.

2. Оценка вероятности возникновения рисков. ИИ может использовать статистические методы и машинное обучение для определения вероятности возникновения различных видов рисков. Это позволит организациям оценить уровень угрозы и принять соответствующие меры.

3. Разработка стратегий снижения рисков. ИИ может предложить оптимальные стратегии снижения рисков, основываясь на анализе данных и

учете специфики организации. Это поможет организациям выбрать наиболее подходящие меры для защиты своих информационных систем.

4. Мониторинг и адаптация. ИИ может автоматически отслеживать изменения в информационной среде и адаптировать стратегии снижения рисков в соответствии с новыми обстоятельствами. Это позволит организациям оперативно реагировать на возникающие угрозы и поддерживать высокий уровень информационной безопасности.

5. Обучение и развитие персонала. ИИ может использоваться для обучения и развития персонала в области информационной безопасности. Это поможет сотрудникам лучше понимать риски и способы их минимизации, а также повысит общий уровень информационной культуры в организации.

Подтверждающие примеры положительного влияния интеграции ИИ можно найти в [5]. Проведено исследование по применению ИИ в области информационной безопасности и выявлены преимущества использования ИИ в защите от киберугроз. По результатам исследования, использование алгоритмов машинного обучения и ИИ может значительно повысить эффективность обнаружения и предотвращения атак, а также сократить время реакции на инциденты информационной безопасности.

Другое исследование [6], подчеркнуло важность соответствия информационной безопасности стандартам и фреймворкам. Согласно результатам исследования, ИИ может использоваться для автоматизации процессов контроля и соответствия стандартам, а также для обнаружения и устранения уязвимостей в сети организации.

Для интеграции ИИ с системами управления рисками организаций предлагается следующий комплексный подход:

1. Анализ бизнес-процессов и выявление критических точек уязвимости. Это позволит определить, где именно требуется применение ИИ для эффективной защиты информации.

2. Разработка моделей и алгоритмов ИИ, которые могут автоматически анализировать, мониторить и обнаруживать потенциальные угрозы информационной безопасности. Этап может включать в себя использование машинного обучения, нейронных сетей и анализа больших объемов данных.

3. Интеграция ИИ в существующую систему управления рисками. Данный шаг может включать создание специальных модулей и приложений, которые будут работать вместе с существующими инструментами и методами.

4. Обучение ИИ на основе исторических данных и сценариев, чтобы он мог лучше распознавать и предсказывать потенциальные угрозы. Это позволит системе становиться все более эффективной и точной в своих результатах.

5. Регулярное обновление и совершенствование ИИ в соответствии с новыми типами угроз и технологическими разработками. Это позволит системе постоянно оставаться актуальной и эффективной в борьбе с новыми рисками информационной безопасности.

6. Обучение и обеспечение сотрудников необходимыми знаниями и навыками для работы с ИИ. Этап включает обучение персонала алгоритмам работы, интерпретации результатов и действиям в случае обнаружения угроз.

Предложенный комплексный подход к внедрению ИИ в систему управления рисками позволит организации эффективно и автоматически выявлять, анализировать и предотвращать угрозы информационной безопасности, обеспечивая более надежную защиту данных и более высокий уровень информационной безопасности.

Проведен обзор ключевых задач в области оценки и управления рисками информационной безопасности, предложены и рассмотрены подходы к их решению с использованием современных технологий ИИ.

Можно выделить следующие преимущества интеграции ИИ с методами оценки и управления рисками информационной безопасности:

1. Использование ИИ позволяет сократить время, затрачиваемое на выполнение процесса оценки рисков. Автоматическое обнаружение и классификация активов, выявление угроз и уязвимостей, а также расчет рисков может быть выполнено значительно быстрее и эффективнее с использованием ИИ.

2. ИИ может обеспечить более точную и надежную оценку рисков. Анализ больших объемов данных и обучение моделей машинного обучения позволяют ИИ выявлять скрытые угрозы и предсказывать их воздействие на активы организации. Это помогает организациям принимать более обоснованные решения по управлению рисками.

3. ИИ может обеспечить более гибкий и адаптивный подход к управлению рисками. Автоматическое обновление базы данных угроз и уязвимостей, а также непрерывный мониторинг активов позволяют ИИ быстро реагировать на новые угрозы и предлагать соответствующие контрмеры.

4. ИИ помогает изучать и анализировать поведение пользователей, определять количество и виды устройств, подключенных к сети, исследовать функции в исполняемых файлах и выявлять аномалии в бизнес-процессах.

Предложенный подход интеграции инструментов ИИ в системы управления рисками организаций является легко интегрируемым и тиражируемым для внедрения, что позволит снизить нагрузку на экспертов, повысить надежность, эффективность и результативность соответствующих процессов.

Таким образом, внедрение машинного обучения и ИИ в системы управления рисками информационной безопасности компаний, помогают определять и контролировать риски информационной безопасности, что является необходимым условием для создания надежной защиты компании от киберугроз и повышения уровня информационной безопасности.

Список литературы

1. ISO/IEC 27005:2022; Information Security, Cybersecurity and Privacy Protection–Guidance on Managing Information Security Risks. ISO: Geneva, Switzerland, 2022.

2. National Institute of Standards and Technology [NIST]. Guide for Conducting Risk Assessments; Special Publication 800-30 Rev. 1; National Institute of Standards and Technology [NIST]: Gaithersburg, MD, USA, 2012.
3. National Institute of Standards and Technology [NIST]. Risk Management Framework for Information Systems and Organizations; Special Publication 800-37 Rev. 2; National Institute of Standards and Technology [NIST]: Gaithersburg, MD, USA, 2018.
4. National Institute of Standards and Technology [NIST]. Managing Information Security Risk Organization, Mission, and Information System View; Special Publication 800-39; National Institute of Standards and Technology [NIST]: Gaithersburg, MD, USA, 2011.
5. Kant D., Johannsen A. Evaluation of AI-based use cases for enhancing the cyber security defense of small and medium-sized companies (SMEs) //Electronic Imaging. – 2022. – Т. 34. – С. 1-8.
6. Ghanem M. C. et al. ESASCF: expertise extraction, generalization and reply framework for optimized automation of network security compliance //IEEE Access. – 2023.

Снимщиков С.В.
к.т.н., проректор по экономике и дополнительному профессиональному образованию
Московский государственный технический университет гражданской авиации (МГТУ ГА)
Россия, Москва
s.snimshikov@mstuca.aero
Саврасов И.П.
к.т.н., помощник проректора
Московский государственный технический университет гражданской авиации (МГТУ ГА)
Россия, Москва
i.savrasov@mstuca.aero

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЧТЕНИЯ ДОКУМЕНТОВ ПРОГРАМНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Актуальным вопросом в настоящее является технологическая независимость Российской Федерации за счет внедрения процессов цифровизации в строительную отрасль. Для этого необходима практическая реализация машиночитаемых стандартов, в том числе при количественном подходе по определению и использованию фактических характеристик качества строительных материалов и изделий в программных комплексах. Практики реализации машиночитаемых документов в программных комплексах по проектированию, изготовлению и оценке качества строительных материалов незначительна по сравнению с современными потребностями проектировщиков, изготовителей продукции и строителей. Авторы ориентировались на разработанную нормативную базу по SMART-стандартам, возможности программных комплексов и актуальные производственные процессы. Настоящая статья посвящена выполненным работам по апробации работы машиночитаемых стандартов в процессе изготовления металлоконструкций и оценке качества.

Ключевые слова: цифровизация, машиночитаемый стандарт, качество, SMART-стандарт, металлические конструкции, количественная оценка, строительный материал.

Snimshchikov S.V.
Candidate of Technical Sciences, Vice-rector for economics and additional professional education
Moscow State Technical University of Civil Aviation
Russia, Moscow
s.snimshikov@mstuca.aero
Savrasov I.P.
Candidate of Technical Sciences, Assistant vice-rector
Moscow State Technical University of Civil Aviation
Russia, Moscow
i.savrasov@mstuca.aero

DIGITIZATION OF THE PROCESSES OF READING DOCUMENTS BY SOFTWARE COMPLEXES AND ASSESSING THE QUALITY OF CONSTRUCTION MATERIALS

Abstract. An urgent issue today is the technological independence of the Russia through the introduction of digitalisation processes in the construction industry. This requires practical implementation of machine-readable standards, including a quantitative approach to the determination and use of actual quality characteristics of construction materials and products in software complexes. Practical implementation of machine-readable documents in software complexes for design, production and quality assessment of construction materials is insignificant compared to the current needs of designers, manufacturers and builders. The authors focused on the developed normative base on SMART-standards, possibilities of software complexes and real production processes. The present article is devoted to the completed work on approbation of the work of machine-readable standards in the process of production and quality assessment of steel structures.

Keywords: digitalisation, machine-readable standard, quality, SMART standard, metal structures, quantification, building material.

Технологическая независимость Российской Федерации зависит внедрения процессов цифровизации, в том числе в строительную отрасли. Практическая реализация машиночитаемых стандартов, например, при количественном подходе по определению и использованию фактических характеристик качества строительных материалов и изделий в программных комплексах реализована не в полной мере исходя их объемов и видов производственных процессов. Настоящая статья посвящена выполненным работам по апробации работы машиночитаемых стандартов в процессе изготовления металлоконструкций и оценке качества.

Определению и использованию фактических характеристик качества строительных материалов и изделий посвящено ряд работ [1-3]. В настоящее время, в основном, результатом оценки качества и соответствия строительных материалов требованиям нормативной и технической документации яв-

ляется получение сертификата о качестве в рамках сертификации продукции. Описанный выше процесс является качественным исследованием (ответ на вопрос: хорошо/плохо), то есть подтверждаются характеристики продукции по ограниченному количеству испытаний, чаще всего, в рамках приемочного контроля. Значительное количество органов по сертификации и условия проведения работ дают возможность получить сертификат соответствия практически всем производителям строительных материалов. Сертификат соответствия не отражает характеристик количественного исследования, т.е. нет ответа вопрос: на сколько хорошо/плохо. Таким образом, производители, которые имеют современное оборудование, высококвалифицированных специалистов, используют передовые технологии изготовления, требующие финансирования и времени для реализации, имеют равные условия с компаниями, которые не прошли вышеуказанные этапы развития. Для объективной оценки продукции необходимо выполнение количественных исследований, что впервые для широкого круга производителей позволяет программный комплекс «StatBIM» (рис. 1). Данный электронный ресурс предназначен для выявления конкурентных преимуществ и при необходимости проведения производственных мероприятий в целях обеспечения стабильности эксплуатационных характеристик строительных материалов.



Рис. 1. Программный комплекс «StatBIM»

С помощью программного обеспечения «StatBIM» имеется реальная возможность наглядно оценить статистические характеристики эксплуатационных свойств продукции, в первую очередь изменчивость ее свойств, описание закона распределения и величину обеспеченности.

В нормативных документах как Российской Федерации, так и зарубежных стран на строительную продукцию при статистической обработке результатов испытаний предполагается распределение значений только по нормальному закону с обеспеченностью от 0,90 до 0,95 [4, 5]. Несоблюдение

данного правила не допустимо. Иной закон распределения данных по результатам испытаний свидетельствует о проблемах производства, которые возможно устранить с помощью рекомендаций от соответствующих специалистов области. При нормальном распределении значений по результатам испытаний строительной продукции и обеспеченности более 0,95 по механическим характеристикам существует возможность учета иных расчетных значений характеристик при проектировании строительных конструкций (рис. 2).

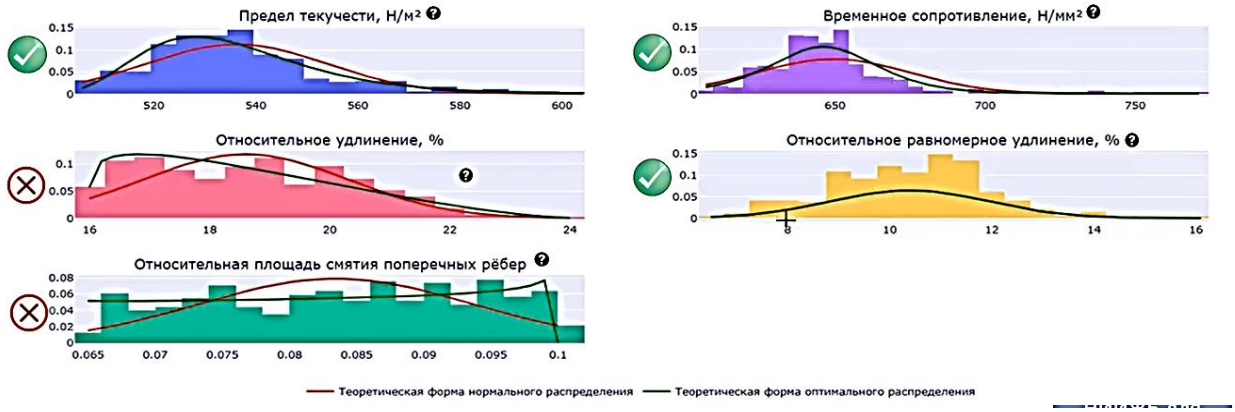


Рис. 2. Результаты обработки данных в программном комплексе «StatBIM»

Программа «StatBIM» реализует следующие функции: авторизация и регистрация пользователей, скачивание и загрузка заполненных шаблонов с данными большого объема результатов испытаний (более 1000 шт.), построение графиков распределений значений, наглядная оценка фактических распределений значений, вычисление обеспеченностей значений по каждой эксплуатационной характеристики материалов, возможность запросить консультации и разработки рекомендаций по устранению внедрению в производства технологических процессов для устранения несоответствий по распределениям значений эксплуатационных характеристик, подтверждение данных и получение сертификата с фактическими данными по стабильности и качеству продукции, QR кодами для перехода к реестру заказчиков, прошедших процесс по оценке статистических характеристик.

В процессе работы по созданию программного комплекса встал вопрос о применении машиночитаемых стандартов для использования нормативных характеристик арматурного проката. Для апробации процессов применения таковых было принято решение воссоздать в упрощенном виде программный комплекс по определению характеристик металлических изделий – сварных сеток заводского изготовления.

В качестве нормативного документа для перевода в машиночитаемый стандарт был принят действующий СТО 36554501–030–2013 «Сетки стальные сварные плоские для армирования железобетонных конструкций» [6]. В работе применены требования предварительного национального стандарта ПНСТ 864-2023 «Умные (SMART) стандарты. Общие положения» [7]

Разработка осуществлена на базе платформы «1С». Выбор платформы обоснован ее многоплатформенностью, автоматизацией различных процессов в организациях, а также возможностью применения необходимых прикладных решений на основе low-code, model driven development и других технологий. При этом существует возможность выполнения подобных задач и на других платформах.

В качестве примера для разработки была выбрана задача по формированию характеристик сварных сеток специального назначения согласно приложению А.3 СТО 36554501–030–2013. При формировании результата работы программы учтены различные диаметры продольных или поперечных стержней, неравными размерами ячеек в одном или обоих направлениях. Форма в конфигураторе соответствует примеру для составления чертежа и описания сварной сетки специального назначения на рисунке А.2 [6].

Для осуществления работы машиночитаемого стандарта СТО 36554501–030–2013 был переведен в формат XML. В программе на платформе «1С» было реализовано использование данных по тегам вложенности при определении характеристик армирования, а именно: данные о массе на 1 м.п. в зависимости от диаметра арматуры (см. рисунки 3 и 4).

В результате было осуществлено формирование чертежа с обозначением необходимых данных для заказа с последующим изготовлением сварных сеток и каркасов заводского изготовления согласно рисунку 5.

При продолжении работ может быть осуществлено получение геометрических размеров необходимого армирования из сварных сеток из программных комплексов по расчету железобетонных конструкций, а также автоматическое формирования файла для программного обеспечения оборудования на изготовление металлоконструкций.

При выполнении работ подтверждена необходимость создание общедоступной базы стандартов в машиночитаемом формате с разметкой текста, таблиц и рисунков при учете обязательных и не обязательных требований.

По результатам проведенной работы следует отметить следующее:

− определена необходимость ускоренного внедрения цифровых технологий в строительной отрасли;

− показан количественный подход по определению и использованию фактических характеристик качества строительных материалов и изделий с помощью существующего программного комплекса «StatBIM»;

− осуществлен процесс машиночитаемости стандарта в выполненном программном комплексе по формировании характеристик сварных сеток заводского изготовления;

− подтверждено, что оптимальным для SMART стандартов и наиболее распространённым языком расширяемой разметки текста является формат XML;

− для массового применения машиночитаемых стандартов необходимо использование классификаторов строительной информации и общедоступной базы стандартов в машиночитаемом формате.

```xml
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Таблица>
	<Строки>
		<Строка Диаметр="4" ПлощадьСечения="12.6" Масса="0.099"/>
		<Строка Диаметр="5" ПлощадьСечения="19.6" Масса="0.154"/>
		<Строка Диаметр="6" ПлощадьСечения="28.3" Масса="0.222"/>
		<Строка Диаметр="8" ПлощадьСечения="50.3" Масса="0.395"/>
		<Строка Диаметр="10" ПлощадьСечения="78.5" Масса="0.616"/>
		<Строка Диаметр="12" ПлощадьСечения="113.1" Масса="0.888"/>
		<Строка Диаметр="14" ПлощадьСечения="153.9" Масса="1.208"/>
		<Строка Диаметр="16" ПлощадьСечения="201.1" Масса="1.578"/>
		<Строка Диаметр="18" ПлощадьСечения="254.5" Масса="1.988"/>
	</Строки>
</Таблица>
```

Рис. 3 Строки файла XML

```
&НаКлиенте
Процедура ПутьКФайлуНачалоВыбора(Элемент, ДанныеВыбора, ВыборДобавлением, СтандартнаяОбработка)

    СтандартнаяОбработка = Ложь;

    Диалог = Новый ДиалогВыбораФайла(РежимДиалогаВыбораФайла.Открытие);
    Диалог.Заголовок = "Выбор файла";
    Диалог.Фильтр = "XML-файлы(*.xml)|*.xml";
    Диалог.МножественныйВыбор = Ложь;
    Диалог.ПолноеИмяФайла = ПутьКФайлу;

    Если Диалог.Выбрать() Тогда
        ПутьКФайлу = Диалог.ПолноеИмяФайла;

        Таблица.Очистить();

        ФайлXML = Новый ЧтениеXML;
        ФайлXML.ОткрытьФайл(ПутьКФайлу);
        Пока ФайлXML.Прочитать() Цикл

            Если ФайлXML.ЛокальноеИмя = "Строка" И ФайлXML.ТипУзла = ТипУзлаXML.НачалоЭлемента Тогда
                НС = Таблица.Добавить();
                НС.Диаметр        = ФайлXML.ЗначениеАтрибута("Диаметр");
                НС.ПлощадьСечения = Число(ФайлXML.ЗначениеАтрибута("ПлощадьСечения"));
                НС.Масса          = Число(ФайлXML.ЗначениеАтрибута("Масса"));
            КонецЕсли;
        КонецЦикла;
        ФайлXML.Закрыть();

        Сообщить("Таблица загружена");

    КонецЕсли;

КонецПроцедуры


#КонецОбласти

#Область ОбработчикиКомандФормы

// Преобразует (сериализует) любое значение в XML-строку. //...
Функция ЗначениеВСтрокуXML(Значение) Экспорт

    ЗаписьXML = Новый ЗаписьXML;
    ЗаписьXML.УстановитьСтроку();
    СериализаторXDTO.ЗаписатьXML(ЗаписьXML, Значение, НазначениеТипаXML.Явное);

    Возврат ЗаписьXML.Закрыть();
КонецФункции

// Выполняет преобразование (десериализацию) XML-строки в значение. //...
Функция ЗначениеИзСтрокиXML(СтрокаXML) Экспорт

    ЧтениеXML = Новый ЧтениеXML;
    ЧтениеXML.УстановитьСтроку(СтрокаXML);

    Возврат СериализаторXDTO.ПрочитатьXML(ЧтениеXML);
КонецФункции
```

Рис. 4. Процесс чтения XML файла с последующим помещением данных для расчета виртуальной таблицы

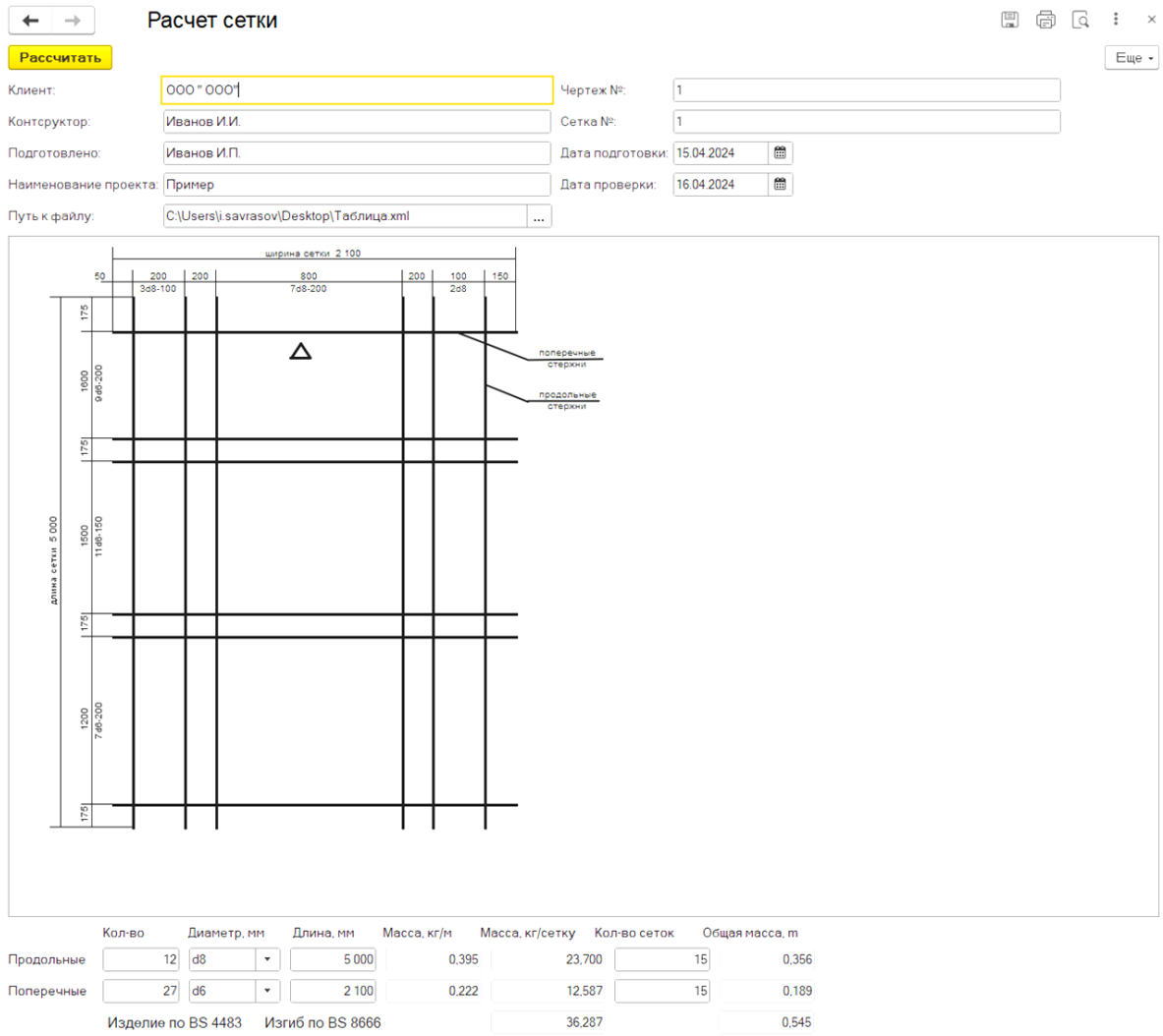


Рис. 5. Конечный результат

Список литературы

1. Результаты натурных испытаний на статические воздействия сборных крупноразмерных панелей. Абдуллаев У.Д., Абдыганы уулу Н., Мамытбек уулу Б. Бюллетень науки и практики. 2022. Т. 8. № 3. С. 480-485.
2. Барабанщиков, Ю. Г. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Оценка качества строительных материалов / Ю. Г. Барабанщиков, С. В Беляева, К. Ю. Усанова. – Санкт-Петербург: Издательство СПбГПУ. – 2020. – 150 с.
3. Микульский, В. Г. Строительные материалы (Материаловедение. Строительные материалы) / В. Г. Микульский. – Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 536 с.
4. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003 (с Изменением № 1)
5. ГОСТ 34028-2016 «Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия» // Официальное издание. – М.: Стандартинформ, 2019.
6. СТО 36554501–030–2013 «Сетки стальные сварные плоские для армирования железобетонных конструкций».
7. ПНСТ 864-2023 «Умные (SMART) стандарты. Общие положения».

Юдин Д.В.
аспирант
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Россия, Москва
udindv@mail.ru
Научный руководитель: ***Феофанов А.Н.***
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Россия, Москва
feofanov.fan1@yandex.ru

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРИПУСКА, УДАЛЯЕМОГО ПРИ ОБРАБОТКЕ РЕЗАНИЕМ, ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Аннотация. Исследование относится к области автоматизации технологической подготовки производства при разработке технологического процесса изготовления деталей методом обработки резанием. Указаны возможности повышения качества изготовления деталей за счет автоматизации разработки технологического процесса. Рассмотрена проблема отсутствия решения данной задачи в современных системах автоматизированного проектирования. Предложен подход к автоматизации проектирования технологических процессов за счет определения технологического процесса как функции по удалению припуска. Для задания данной функции определены задачи по формализации припуска и определения его взаимосвязи с методами обработки. Предложен подход для решения данных задач, в основе которого лежит классификация припуска и применение в качестве ее базового элемента припуска, удаляемого режущим инструментом за один рабочий. Описаны дополнительные свойства и характеристики припуска для его математического описания и сохранения взаимосвязи с методами обработки. Формализация припуска и задание функции по его удалению позволит повысить качество изготавливаемой продукции за счет снижения влияния человеческого фактора, применение оптимальных методов обработки деталей.

Ключевые слова: технологическая подготовка производства, повышение качества обработки, автоматизация разработки технологических процессов.

Yudin D.V.
Postgraduate Student
MSUT «STANKIN»
Russia, Moscow
udindv@mail.ru
Scientific Advisor: ***Feofanov A.N.***
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department
MSUT «STANKIN»
Russia, Moscow
feofanov.fan@yandex.ru

FORMALIZATION OF THE ALLOWANCE REMOVED DURING CUTTING TO SOLVE THE PROBLEM OF IMPROVING THE QUALITY OF MACHINING

Abstract. The research relates to the field of automation of technological preparation of production in the development of technological process of manufacturing parts by cutting machining. The possibilities of improving the quality of parts manufacturing by automating the development of technological process are specified. The problem of lack of solution of this problem in modern computer-aided design systems is considered. The approach to automation of technological process design is proposed due to the definition of technological process as a function of stock removal. To set this function, the tasks of formalization of the allowance and determination of its relationship with processing methods are defined. An approach to solving these problems is proposed, which is based on the classification of the allowance and the use as its basic element of the allowance removed by the cutting tool for one working tool. Additional properties and characteristics of the allowance are described for its mathematical description and preservation of interrelation with machining methods. The formalization of the allowance and setting the function of its removal will allow to increase the quality of manufactured products by reducing the influence of the human factor, the use of optimal methods of machining parts**.**

Keywords: technological preparation of production, improvement of machining quality, automation of process development.

Технологический процесс (ТП) изготовления деталей в машиностроении включает может включать следующие виды обработки:

- обработка давлением;
- обработка резанием;
- термическая обработка;
- электрофизическая обработка;
- электрохимическая обработка.

Среди данных видов обработки, в условиях мелкосерийного производства ТП обработки резанием обладают наибольшим разнообразием, трудоемкостью и стоимостью [6]. Это связано с большим разнообразием обрабатываемых деталей, сложностью унификации ТП, дорогостоящим оборудованием и режущим инструментом (РИ).

Повышению качества выпускаемой продукции, способствует автоматизация подготовки производства и разработки ТП. Автоматизация может повысить качество разработки ТП, способствует применению наиболее рациональных методов обработки и уменьшению ошибок за счет исключения влияния человеческого фактора.

Современные системы автоматизированного проектирования (САПР) ТП позволяют оптимизировать работу и решить множество рутинных задач, которые ранее отнимали много времени у специалистов [2], но при всех существующих достоинствах САПР ТП, разработка ТП не автоматизирована.

Операции по обработке резанием заключаются в образовании новых поверхностей посредством отделения поверхностных слоев материала с образованием стружки [1]. Таким образом ТП механической обработки резанием является функцией ($F_{\text{мех.обр.}}$) удаления припуска детали:

$$\text{ТП}_{\text{дет.}} = F_{\text{мех. обр.}}\left(\text{Пр}_{\text{дет.}}\right) \qquad (1)$$

где $\text{ТП}_{\text{дет.}}$ – технологический процесс механической обработки резанием;

$\text{Пр}_{\text{дет.}}$ – припуск детали.

Задание функцию (1), позволит решить задачу по автоматизации разработки ТП. Для этого потребуется выполнить два шага:

- формализация припуска, т.е. его математическое описание;
- определение взаимосвязи между припуском и методом обработки (МО), т.е. задание правил.

Проблема заключается в том, что припуск может иметь сложную геометрическую форму и большое разнообразие фигур, из-за роста номенклатуры выпускаемых приборов в современном производстве. В связи с чем, припуск невозможно описать изначально ограниченным набором характеристик, а также учесть данные характеристики при выявлении закономерностей и взаимосвязей с МО.

Решением для формализации припуска является уменьшение его разнообразие и сложности геометрической формы (ГФ), что связано с его декомпозицией на «элементарные припуска» (ЭП), позволяющие преобразовать функцию (1) в функцию:

$$\begin{aligned} ТП_{\text{дет.}} &= F_{\text{мех. обр.}}\left(ЭП.1_{\text{дет.}}\right) + F_{\text{мех. обр.}}\left(ЭП.2_{\text{дет.}}\right) + \\ &+ F_{\text{мех. обр.}}\left(ЭП.3_{\text{дет.}}\right) + \ldots + F_{\text{мех. обр.}}\left(ЭП.N_{\text{дет.}}\right) \end{aligned} . \qquad (2)$$

где $ЭN_{\text{дет.}}$ – ЭП N припуска детали.

<u>*Условиями преобразования*</u> функции (1) в функцию (2) является:

- ЭП позволяют выявить взаимосвязь с МО;
- функция $\text{F}_{\text{мех.обр.}}$ от ЭП имеет решение, которое входит в область значения функции (1).

Удаление припуска детали происходит последовательно, при выполнении рабочего хода (РХ), таким образом весь припуск можно разделить на припуска, удаляемые за один РХ (далее δ):

$$Пр_{\text{деталь}} = \sum_{i}^{n} Пр_{\text{дет., оп. } i} = \sum_{i}^{n}\sum_{r}^{m} Пр_{\text{дет., оп. } i\ \text{переход r}} = \sum_{i}^{n}\sum_{r}^{m}\sum_{k}^{l}\delta_k \ , \qquad (3)$$

где i – номер операции;

r – номер рабочего хода операции i;

k – номер рабочего хода перехода r;

δ – припуск удаляемый за один рабочий ход.

Один РХ РИ представляет собой результирующее движение резания (РДР) в процессе механической обработки [3] и зависит от кинематической схемы станка и вида РИ. Таким образом, существует взаимосвязь между δ и МО. Следовательно, для δ *условия преобразования* функции (1) в функцию (2) выполнены:

$$\forall(\delta_k)\exists F_{мех.обр.}(\delta_k)\in F_{мех.обр.}(Пр_{дет.}). \quad (4)$$

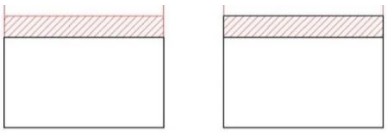
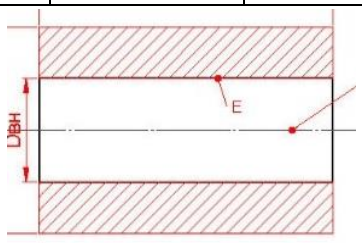
δ поддаётся математическому описанию с помощью ограниченного набора хактеристик, т.к. его размеры зависят от параметров РИ (форма, размеры) и глубины резания, а ГФ припуска зависит от РДР. Следовательно, δ можно использовать как базовый элемент при классификации ЭП. Для того чтобы сохранить *условия преобразования* (4) для классифицируемых элементов и не ограничивать их размеры, необходимо наложить на ЭП следующие ограничения:

- для обработки ЭП достаточно одного инструмента;
- траектории РХ при обработке ЭП расположены на одинаковом расстоянии друг от друга.

Для определения формы ЭП, проведен анализ существующих МО резанием, который показал, что ЭП можно сгруппировать в 2 группы по ГФ: цилиндрическую и призматическую (таблица).

Таблица

Анализ ГФ припуска в зависимости от метода обработки

Метод обработки* / Параметр	Фрезерование	Плоское шлифование	Токарная обработка	Сверление, зенкерование, развертывание, хонингование	Шлифование (Круглое, бесцентровое, внутреннее)
Что осуществляет главное движение резания	РИ	РИ	Заготовка	РИ	РИ
Главное движение резания	Вращательное	Вращательное	Вращательное	Вращательное	Вращательное
Главное движение подачи	Прямолинейное	Прямолинейное	Прямолинейное	Прямолинейное	Вращательное + Прямолинейное
Форма припуска	призматическая	призматическая	цилиндрическая	цилиндрическая	цилиндрическая
Геометрическое представление базового варианта					

*В данную таблицы не учтены методы обработки для таких видов поверхностей как резьба, зубья так как для обработки данных элементов применяют специальные инструменты и/или оборудование и существуют стандартизованные технологии их обработки.

Анализируя табл. 1, можно сделать вывод, что для обработки припусков одинаковой формы могут быть применены различные МО. В связи с чем, необходимо задать дополнительные параметры [4], от которых будет зависеть конечный выбор МО. Такими параметрами являются [5]:

- точность обработки;
- твердость поверхности;
- шероховатость поверхности;
- обрабатываемый материал.

Также необходимо учесть параметры, которые влияют на особенности при выборе РИ (вылет инструмента, форма шлифовального круга и т.п.) или на дополнительные технологические возможности металлорежущего оборудования (количество управляемых осей, наличие ЧПУ и т.п.):

- ограничения на подход инструмента, т.е. количество плоскостей припуска, граничащих с поверхностью детали;
- искривление плоскостей припуска, граничащих с плоскостью детали;
- эксцентриситет оси симметрии припуска (для цилиндрической формы припуска), относительно оси вращения или плоскости симметрии обрабатываемой детали;
- не параллельность плоскости припуска относительно оси вращения детали (для цилиндрической формы припуска) или базовой плоскости.

Математическое описание всех указанных выше характеристик ЭП его формализовать и установить взаимосвязь с применимым МО для его удаления.

Решение задачи по формализации припуска и его классификации откроет широкие возможности по автоматизации разработки ТП. На основе классификации ЭП возможно определение взаимосвязи припусков с методами обработки, применяемым оборудованием, методами контроля.

Применение ЭП, позволит:

- на этапе проектирования новых изделий проводить отработку на технологичность изделий, определения трудоемкости и прогнозировать загрузку и потребность в технологическом оборудовании;
- проводить сверку разработанных ТП на их оптимальность, соответствие технологических норм времени;
- определять надежность ТП и проводить оценку качества применяемых МО для удаления различных типов припусков.

В данной работе для решения задачи автоматизации разработки ТП обработки резанием, предлагается использовать метод, в основе которого лежит взаимосвязь между припуском и МО. Введена функция и определены шаги для задания функции разработки ТП. Для припуска, который является аргументом, сформулированы требования по формализации. Так как припуск является сложной фигурой, которую сложно описать математически, предлагается его декомпозиция на элементарные припуска и их классификация. В качестве базового элемента, на основе которого строится классификация предлагается использовать припуск, удаляемый за один рабочий ход.

Для обеспечения взаимосвязи ЭП с МО сформулированы его требуемые свойства и геометрические характеристики.

Список литературы

1. ГОСТ Р 50995.3.1-96. Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий: введен в действие постановлением Госстандарта СССР от 30 июля 1982 г. N 2988: дата введения 1983-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1982. – 15 с.
2. Щербаков Н.П. Автоматизация технологического проектирования: учебное пособие / Н.П. Щербаков – Барнаул: Издательство Алтайского государственного технологического университета им. И.И. Ползунова, – 2002 – 434 с.
3. Справочник инструменталыцика / И. А. Ординарцев, Г. В. Филиппов, А. Н. Шевченко и др.; Под общ. ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отдние, 1987. 846 с.
4. Юдин Д.В., Феофанов А.Н. Основные характеристики припусков, удаляемые механической обработкой со съемом металла деталей типа «тело вращения» // СМиС-2023. Технология управления качеством. Материалы Международной научно-технической конференции «СМиС-2023. Инновационные технологии в управлении качеством», 2023. С. 60-67.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Дальский А.М., Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Суслов А.Г. [и др.]. – М.: Машиностроение-1, 2001. Т.1. – 910 с.
6. Kalas S., Small-Scale Automation in Shipbuilding. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology, 201, 92 p.

Ле Чунг Зунг
аспирант
Московский политехнический университет
Россия, Москва
sea.lawyer.vn@gmail.com
Научный руководитель: ***Филиппов Ю.К.***
д.т.н., профессор
Московский политехнический университет
Россия, Москва
yulianf@mail.ru

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО И ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В ШЕЙКЕ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ НА РАСТЯЖЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ОБРАЗЦА

Аннотация. Исследовался процесс растяжения цилиндрического образца. При исследовании процесса растяжения определялись локальные явления, сопровождающие процесс формоизменения, в том числе геометрия в шейке образца и возникающие напряжения. Приводятся оценочные данные и результаты исследования при растяжении цилиндрического образца.

Ключевые слова: растяжение цилиндрического образца, холодное деформирование, кривая упрочнения, точность штамповки.

Le Trung Dung
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
sea.lawyer.vn@gmail.com
Scientific Advisor: ***Filippov Yu.K.***
Doctor of Technical Sciences, Professor
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
yulianf@mail.ru

ANALYSIS OF THE STRESS AND STRAIN STATE IN THE NECK DURING TENSILE TESTS OF A CYLINDRICAL SAMPLE

Abstract. Process of stretching of a cylindrical sample was investigated. At a research of process of stretching the local phenomena, the accompanying forming processes, including geometry in a neck of a sample and the arising tension were defined. Also results of a research at stretching of a cylindrical sample are given evaluation yielded.

Keywords: stretching of a cylindrical sample, cold forming, hardening curve, stamping accuracy.

В современном производстве при запуске детали методом холодной объемной штамповки важнейшую роль играет исследование технологического процесса моделированием его методом конечно-элементного анализа. Такой анализ показывает все интересующие инженера характеристики при разработке новых технологических процессов. Как показывает практика, при производстве изделий, процесс, которых был рассчитан на ЭВМ конечно-элементной системой, не отличается от действительного. Исходная информация для моделирования должна иметь построенную кривую упрочнения исследуемого металла.

Целью настоящей работы является исследование процесса формообразования в шейке в очаге деформации при растяжении стандартного образца из различных металлов и дать оценку при его разрушении.

При построении кривой упрочнения при испытании на растяжение часто получается завышенный результат, так как трудно уловить момент разрушения, особенно если речь идет о малопластичных металлах. Возможно, однако, и другое объяснение: методики испытаний на растяжение, кручение и сжатие не совершены и дают лишь приближенные результаты [1, 2]. В частности, Г.Д. Дель указывает, что при испытании на растяжение после образования шейки в очаге деформации возникает объёмное растяжение, показатель напряженного состояния достигает максимального значения на оси образца, где и начинается разрушение, однако пока трещина выйдет на по-

верхность, шейка образца продолжает сужаться, в итоге испытание на растяжение дает завышенный результат. Некоторые авторы рекомендуют поэтому измерить диаметр образца после разрыва не в самом тонком месте, а на некотором расстоянии от него, однако не указывают на каком.

В Московском политехническом университете на кафедре «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии» была проведена экспериментальная проверка этого предположения. Для проверки гипотезы предложена следующая методика. Измеряя текущее усилие и текущее значение диаметра образца в шейке, можно определить среднее осевое напряжение. Если в середине образца возникает трещина, это должно привести к уменьшению средних осевых напряжений. Таким образом, можно определить как момент начала разрушения, так и действительную накопленную деформацию к этому времени.

При испытании образец 1 устанавливают в захваты 2 и 3 специального приспособления, изображенного на рисунке 1, один из которых закреплен в испытательной машине непосредственно, а другой – через тягу 4. На тяге, которая служит чувствительным элементом месдозы, наклеены тензодатчики сопротивления 5. Для регистрации диаметра образца в шейке сконструирована измерительная скоба 6, изображенная на рисунке 2, один из щупов 4 которой выполнен в виде балки 2, имеющей небольшую жесткость. На эту балку также наклеены тензодатчики сопротивления 5. Все тензодатчики соединены через усилитель с магнитоэлектрическим осциллографом и соответствующим образом тарированы (месдоза на универсальной машине МУП-50, а скоба – с помощью плоскопараллельных концевых мер длины; оба тарировочных графика имеют линейный характер).

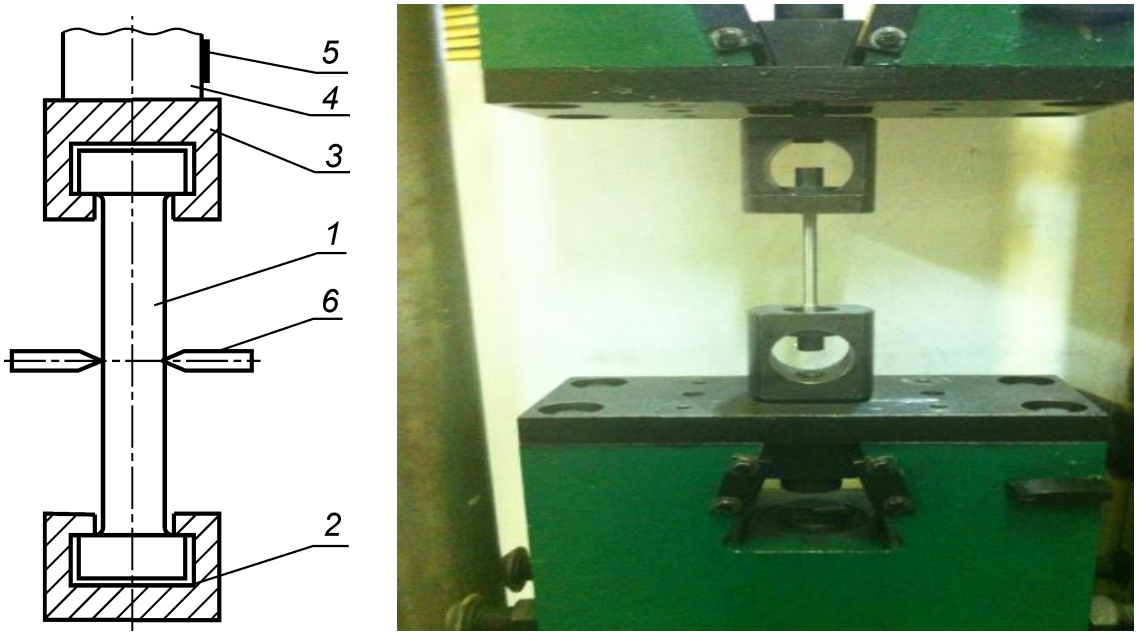


Рис. 1. Устройство для испытания образцов на растяжение

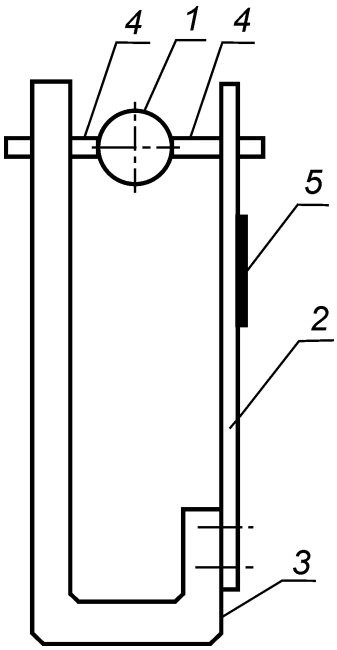


Рис. 2. Измерительная скоба

Поскольку время от возникновения трещины до выхода ее на поверхность образца очень мало, при записи сигналов на бумажную ленту осциллографа приходится применять очень большие скорости протяжки (5...10 м/с), выбирая удобный масштаб времени.

Для испытаний изготовлено по 5 образцов с диаметром рабочей части 10 мм и длиной 100 мм из стали 20Х и алюминиевого сплава АД1 (рис. 3). При испытании обычным способом (с помощью силоизмерителя и ходографа машины) строили кривую течения каждого образца до момента образования шейки. Затем устанавливали измерительную скобу и включали осциллограф. Характерная осциллограмма показана на рисунке 4. Хорошо видно, что усилие растяжения в определенный момент начинает резко падать, в то время как щуп скобы почти не перемещается. Это означает, что почти также резко начинает уменьшаться среднее осевое напряжение; следовательно, в середине образца возникла трещина. Через некоторое время (около – 0,002 с) трещина выходит на поверхность и происходит разрушение образца.

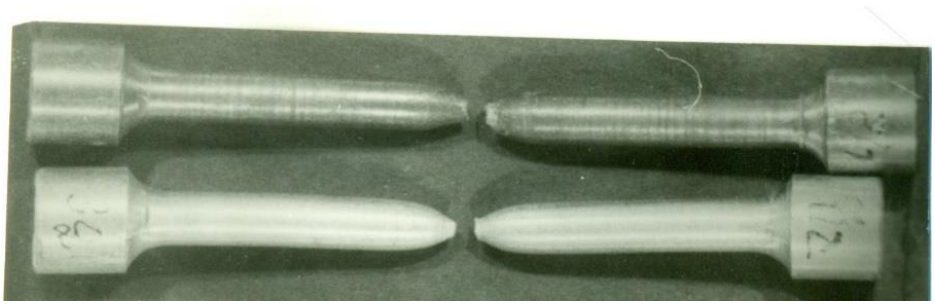


Рис. 3. Образцы на разрыв Ст.20Х и алюминия

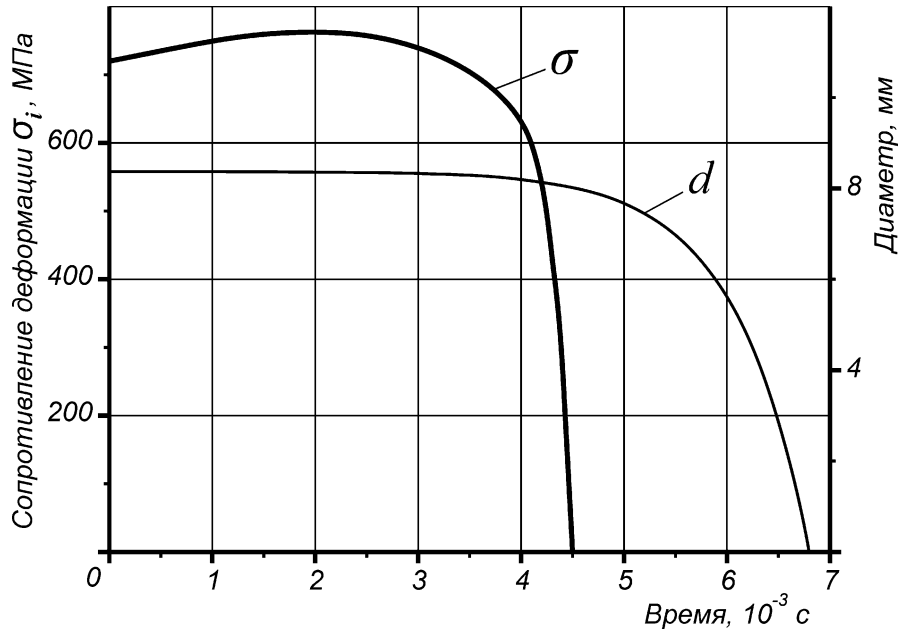


Рис. 4. Изменение напряжения и диаметра при растяжении цилиндрического образца: d −диаметр, σ − напряжение в шейке при растяжении

Результаты регистрации перемещения щупа скобы от момента появления трещины до выхода ее на поверхность, однако, показывают, что диаметр образца в шейке за это время практически не изменяется. Это зафиксировано для всех двух испытанных металлов, хотя характер образования шейки у этих металлов различен. Поэтому общепринятую методику измерения пластичности при растяжении по минимальному сечению шейки после разрыва можно считать вполне обоснованной.

Из полученных данных следует также, что за время, прошедшее от момента зарождения трещины в осевой части образца до выхода ее на поверхность, диаметр образца в шейке изменяется очень незначительно, согласно рисунку 4, не более 1 %. Это дает основание утверждать, что пластичность при растяжении можно без существенной погрешности оценивать деформацией в месте разрыва образца.

Список литературы

1. Филиппов Ю.К. и др. «Образец для механических испытаний». А.С. СССР №1578567 от 15. 3. 1990.

2. Калпин Ю.Г., Перфилов В.И., Петров П.А. Рябов В.А., Филиппов Ю.К. Сопротивление деформации и пластичность металлов при обработке давлением. М., Машиностроение. 2010 г, 244 с.

Шпандарук В.А.
аспирант
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Россия, Москва
vlad.shpandaruk@yandex.ru
Научный руководитель: ***Феофанов А.Н.***
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Россия, Москва
feofanov.fan1@yandex.ru

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РАСЧЕТА ТРУДОЕМКОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСНОЙ ДЕТАЛИ НА ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ ПО МЕТОДУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА МАТЕРИАЛА, СРЕЗАЕМОГО ИНСТРУМЕНТОМ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы расчета трудоемкости изготовления корпусных деталей на фрезерных станках с числовым программным управлением. Возможности расчета трудоемкости на ранней стадии подготовки производства. Представленный новый метод определения трудоемкости на основе определения объема материала, срезаемого инструментом, который позволит повысить качество и точность расчета. Представленный метод учитывает в расчетах такие параметры детали как: технологический процесс, материал, количество в партии, режимы резания с привязкой к конкретному оборудованию, термическую обработку, гальванические и лакокрасочные покрытия, а также объем срезаемого материла инструментом. Расчет трудоемкости производится на основании чертежа и не требует разработки технологического процесса, что в свою очередь позволяет разгрузить технологическую службу предприятия для оценки рентабельности заказов и повысить качество их выполнения.

Ключевые слова: трудоемкость, металлообработка, качество, подготовка производства, методы расчета трудоёмкости.

Shpandaruk V.A.
Postgraduate Student
MSUT «STANKIN»
Russia, Moscow
vlad.shpandaruk@yandex.ru
Scientific Advisor: ***Feofanov A.N.***
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department
MSUT «STANKIN»
Russia, Moscow
feofanov.fan@yandex.ru

INCREASING THE QUALITY OF CALCULATING THE LABOR INTENSITY OF MANUFACTURING A CASE PART ON A CNC MILLING MACHINE BY METHOD OF DETERMINING THE VOLUME OF MATERIAL CUT BY A TOOL

Abstract. The article discusses the issues of calculating the complexity of manufacturing body parts on milling machines with numerical control. The possibilities of calculating labor intensity

at an early stage of production preparation. The presented new method for determining the labor intensity based on determining the volume of the material being cut with a tool that will improve the quality and accuracy of the calculation. The presented method takes into account in the calculations such parameters of the part as: technological process, material, quantity in the batch, cutting modes with reference to specific equipment, heat treatment, electroplating and paint coatings, as well as the volume of the material being cut by the tool. The calculation of labor intensity is based on the drawing and does not require the development of a technological process, which in turn allows you to unload the technological service of the enterprise to assess the profitability of orders and improve the quality of their execution.

Keywords: labor intensity, metalworking, quality, production preparation, methods of calculating labor intensity.

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. Увеличение скорости обработки информации, скорости выполнения операций необходимы для обеспечения конкурентных преимуществ предприятия [1]. Автоматизация производственных процессов является одним из ключевых факторов, обеспечивающих эффективность и конкурентоспособность современных машиностроительных предприятиях [2].

Одной из таких задач, является задача определения трудоемкости изготовления изделий на ранней стадии подготовки производства, без учета технологического процесса.

На сегодняшний день существуют различные методы определения трудоемкости, которые имеют свои достоинства и недостатки [3]. Их можно разделить на две группы:

1. Аналитически-расчетная группа, в основе которой заложен расчет трудоемкости, основанный на нормативных материалах и справочниках;
2. Аналитически-исследовательская группа, в которой исходную информацию фиксируют путем наблюдения или по результатам экспериментов.

Данные методы хорошо себя зарекомендовали на производстве и широко применяются для нормирования механообрабатывающих операций, их применение возможно с учетом технологической подготовки производства, после разработки операционного технологического процесса, выполняемого по документации, в которой содержание операций излагается с указанием переходов и режимов обработки [4].

В связи с этим возникает задача создания метода, который позволит производить расчет трудоемкости изготовления деталей на ранних стадиях подготовки производства.

Упрощённый метод расчета трудоемкости изготовления корпусных деталей

Трудоёмкость – количество рабочего времени человека, затрачиваемого на производство единицы продукции, включает в себя все нормированное

время по всем операциям технологического процесса и определяется по формуле (1),

$$T_{общ} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}, \quad (1)$$

где $T_{шт}$. – штучное время;

$T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, n – количество деталей в партии.

Штучное время – это продолжительность выполнения технологической операции без учета времени на подготовку исполнителя (рабочего) к выполнению данной операции.

Подготовительно-заключительное время, необходимое на ознакомление исполнителя с чертежом, получение консультаций у мастера, настройку станка и приспособлений.

Дпределения трудоемкости изготовления корпусной детали, был проведен анализ порядка 100 технологических процессов и на основании этого анализа был составлен типовой технологический процесс, который состоит из следующих видов переделов:

1. Механическая обработка – это обработка заготовки из различных материалов при помощи механического воздействия различной природы с целью создания по заданным формам и размерам изделия или заготовки для последующих технологических операций;

2. Гальваническая обработка – это процесс покрытия поверхности одного металла другим при помощи осаждения его из водных растворов солей под действием электрического тока;

3. Лакокрасочное покрытий – это процесс покрытия поверхностного слоя лакокрасочным покрытием;

4. Термическая обработка – это процесс, в результате которого меняются физические и механические свойства сплавов путем охлаждения или нагрева;

5. Проверочные, контрольные операции.

Исходя из этого формула (2) расчета трудоемкости корпусной детали выглядит следующим образом:

$$T_{общ} = T_{мех.обр} + T_{гал.обр} + T_{лак.пк} + T_{тер.обр} + T_{промывка} + T_{кон.оп}, \quad (2)$$

где $T_{мех.обр}$ – трудоемкость механической обработки;

$T_{гал.обр}$ – трудоемкость гальванической обработки;

$T_{лак.пк}$ – трудоемкость лакокрасочного покрытия;

$T_{тер.обр}$ – трудоемкость термообработки;

$T_{промывка}$ – трудоемкость операций промывка;

$T_{кон.оп}$ – трудоемкость проверочных и контрольных операций.

Для корпусных деталей основой механической обработки является выполнение фрезерной операции с ЧПУ, которая составляет до 95% общего времени изготовления.

Расчет трудоемкости фрезерной операции с числовым программным управлением

Фрезерование с ЧПУ – это субтрактивный производственный подход, который включает удаление материала для преобразования заготовки в желаемую форму с помощью фрезерного станка с ЧПУ и определяется по формуле (4). В процессе удаления материала используются режущие инструменты, такие как концевые фрезы и сверла, траекторию движения которых и скорость с глубиной резания определяет управляющая программа.

$$T_{\text{шт операции фрезерная с ЧПУ}} = T_{\text{маш}} + T_{\text{всп}}, \quad (3)$$

где $T_{\text{маш}}$ – период времени, в течение которого оборудование (машина, станок, агрегат, аппарат) без непосредственного участия рабочего осуществляет изменение размеров, формы или состояния обрабатываемого предмета труда, $T_{\text{всп}}$ –время, затрачиваемое на действия, непосредственно обеспечивающие выполнение основной работы.

1. Машинное время, определяется по формуле (4):

$$T_{\text{маш}} = \sum \frac{L_i}{S_{\text{инс } i}} \quad (4)$$

где $S_{\text{инс}}$ – подача инструмента в мм/мин, L – длинна пути инструмента в мм.

2. Вспомогательное время – это время, затрачиваемое на различные действия, обеспечивающие выполнение элементов работ и определяющееся по формуле (5):

$$T_{\text{всп}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{пер}} + T_{\text{контр}}, \quad (5)$$

где $T_{\text{уст}}$ – время на установку и снятие детали

$T_{\text{пер}}$ – время, связанное с выполнением технологического перехода,

$T_{\text{контр}}$ – время на выполнение контрольных измерений.

Вспомогательное время принято брать усреднённое в процентном соотношении от машинного времени и по разным источникам оно равно от 8% до 10% для операции фрезерная с ЧПУ.

Таким образом формула (6) расчета трудоемкости фрезерной операции с ЧПУ выглядит следующим образом:

$$T_{\text{шт операции фрезерная с ЧПУ}} = T_{\text{маш}} + 0{,}08 \cdot T_{\text{маш}} = 1{,}08 \times T_{\text{маш}} = 1{,}08 \cdot \sum \frac{L_i}{S_{\text{инс } i}}. \quad (6)$$

Для а тдоемкости необходимо определить два переменных: подача инструмента ($S_{\text{инс}}$) – это известная величина, она подбирается из таблиц режимов резания для различных материалов под различный режущий инструмент, для определения данного параметра необходимо знать: марку материала детали; оборудование (максимальная скорость подачи, частота вращения шпинделя); инструмента (диаметр, режимы резания в зависимости от конфигурации фрезы).

Врая переменная длина пути (L), которая определяется в зависимости от объемов обрабатываемого материала по формуле (7):

$$L = \frac{V_{\text{обр}}}{D \cdot h \cdot k}, \tag{7}$$

где $V_{\text{обр}}$. –бъем обрабатываемого материала;

h – гбина резания;

k – кофициент перекрытия инструмента, D – диаметр инструмента.

Итоговая формула (8) для определения трудоемкости фрезерной операции с ЧПУ выглядит следующим образом:

$$\text{Т}_{\text{шт операции фрезерная с ЧПУ}} = 1{,}08 \cdot \sum \frac{L_i}{S_{\text{инс } i}} = 1{,}08 \times \sum \frac{V_{\text{обр } i}}{S_{\text{инс } i} \cdot D_i \cdot h_i \cdot k_i} \tag{8}$$

Расчет трудоемкости изготовления корпусной детали с применением предлагаемого метода

Объем удаляемого с заготовки материала ($V_{\text{обр}}$) – это объем материала, который необходимо удалить из объема материала заготовки для получения конечной детали или полуфабриката для последующей обработки.

При фрезеровании объем материала снимается различными инструментами. Удаляемый объем материала с привязкой к определенному инструменту был назван объемом материала удаленным инструментом (ОМУИ).

Согласно ОМУИ, данная деталь относится к группе размеров «Мелкие детали» и для ее обработки применяются группы фрез 1,2,3,4.

Расчет трудоемкости изготовления корпусной детали при помощи ОМУИ обработки выглядит следующим образом:

$$\text{Т}_{\text{шт опер. фр. с ЧПУ}} = 1{,}08 \cdot \left(\frac{V_1}{S_1 \cdot D_1 \cdot h_1 \cdot k_1} + \frac{V_2}{S_2 \cdot D_2 \cdot h_2 \cdot k_2} + \frac{V_3}{S_3 \cdot D_3 \cdot h_3 \cdot k_3} + \frac{V_4}{S_4 \cdot D_4 \cdot h_4 \cdot k_4} \right) \tag{9}$$

Объем материала удаленным инструментом ($V_{\text{обр}}$) равен 14533700 мм^3. Пропорции распределения объема составляют:

1. Фрезы группы 1 (от Ø2 до Ø5) = 145337 мм^3 = V_1;
2. Фреза группы 2 (от Ø6 до Ø12) = 2761403 мм^3 = V_2;
3. Фреза группы 3 (Ø16) = 4723453 мм^3 = V_3;

4. Фреза группы 2 (Ø32) = 6903508 мм^3 = V_4.

Подставляем полученные значения и вычисляем $T_{\text{шт опер. фр. с ЧПУ}}$:

$$T_{\text{шт опер. фр. с ЧПУ}} = 1{,}08 \times \left(\frac{V_1}{S_1 \times D_1 \times h_1 \times k_1} + \frac{V_2}{S_2 \times D_2 \times h_2 \times k_2} + \frac{V_3}{S_3 \times D_3 \times h_3 \times k_3} + \frac{V_4}{S_4 \times D_4 \times h_4 \times k_4}\right) = = 1{,}08 \times \left(\frac{V_{1.1}}{S_{1.1} \times D_{1.1} \times h_{1.1} \times k_{1.1}} + \frac{V_{1.2}}{S_{1.2} \times D_{1.2} \times h_{1.2} \times k_{1.2}} + \frac{V_{1.3}}{S_{1.3} \times D_{1.3} \times h_{1.3} \times k_{1.3}} + \frac{V_{2.1}}{S_{2.1} \times D_{2.1 \times} h_{2.1} \times k_{2.1}} + \frac{V_{2.2}}{S_{2.2} \times D_{2.2} \times h_{2.2} \times k_{2.2}} + \frac{V_{2.3}}{S_{2.3} \times D_{2.3} \times h_{2.3} \times k_{2.3}} + \frac{V_3}{S_3 \times D_3 \times h_3 \times k_3} + \frac{V_4}{S_4 \times D_4 \times h_4 \times k_4}\right) = 1{,}08 \times (40{,}37 + 36{,}33 + 52{,}99 + 37{,}85 + 31{,}8 + 70{,}64 + 123 + 89{,}9) = 1{,}08 \times 482{,}88 = 521{,}5$$

мин = 8,69 ч;

Расчет подготовительно-заключительного времени ведется по справочнику и составляет от 15–25% от $T_{шт\ опер.\ фр.\ с\ ЧПУ}$. Таким образом $T_{общ}$ для механической обработки равна,

$$T_{\text{общ фр. с ЧПУ}} = T_{\text{шт опер. фр. с ЧПУ}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = T_{\text{шт опер. фр. с ЧПУ}} + \frac{0{,}2 \cdot T_{\text{шт опер. фр. с ЧПУ}}}{100} = 8{,}69 + 0{,}017 = 8{,}71 \text{ч} \quad (10)$$

$$T_{\text{мех.обр}} = T_{\text{общ фр. с ЧПУ}} + T_{\text{загот.}} + T_{\text{сл.}} = 0{,}9 \cdot T_{\text{мех.обр}} + 0{,}015 \cdot T_{\text{мех.обр}} + 0{,}085 \cdot T_{\text{мех.обр}} = 8{,}71 + 0{,}145 + 0{,}822 = 9{,}67 \text{ норма-часа} \quad (11)$$

Далее исходя из процентного соотношения переделов, приведенного в таблице в технологическом процессе, расчет общий трудоемкости изготовления корпусной детали выглядит следующим образом:

$$T_{\text{общ}} = T_{\text{мех.обр}} + T_{\text{гал.обр}} + T_{\text{промывка}} + T_{\text{тер.обр}} + T_{\text{кон.оп}} =$$

$$= 9{,}67 + 0{,}136 + 0{,}231 + 0{,}105 + 0{,}368 = 10{,}52 \text{ норма-часа} \quad (12)$$

Таблица

Данные новой детали для расчета трудоемкости

Наименование	Размеры, мм	Марка материала	Объем заготовки, мм^3	Объем детали, мм^3
Корпус 1	300х300х100	АМг6	16184000	1650300
Термообработка	Гальваника	Лакокра-сочные покрытия	Минимальный внутр. радиус скругления, мм	Количество
ГОСТ 17535–77 Стабилизировать 2	Ан.Окс.	нет	1,5	100

Фактическая трудоемкость данной детали при партии 100 единиц составляет 9,86 норма-часа, следовательно, расчет данной конкретной детали выполнен с точностью 93,7%.

Таким образом, предложенный метод расчета трудоемкости изготовления корпусной детали с использованием фрезерного оборудования с числовым проаммным уавлением, который основан на методе определения объема,заемого материла инструментом позволяет повысить качество и точность расчета. Данный метод может быть использован на стадиях ранней подготовки производства. На основе данного метода предлагается разработать автоматизированную систему расчета трудоемкости изготовления корпусных деталей на фрезерных станках с ЧПУ.

Список литературы

1. Феофанов А.Н., Шпандарук В.А., Анализа существующих автоматизированных систем расчета трудоемкости механообрабатывающих операций на ранних стадиях подготовки производства / Научный аспект. – 2024. – № 3.

2. Феофанов А.Н., Левшина А.С., Автоматизация производственных процессов в машиностроении: эффективность, преимущества и препятствия / Автоматизированное проектирование в машиностроении. – 2023. – № 15. – С. 152-156. – DOI 10.26160/2309-8864-2023-15-152-156. – EDN HNNWPZ.

3. Шутиков М.А., Феофанов А.Н., Влияние показателя общей эффективности оборудования на контроль деталей после особо ответственной технологической операции с дальнейшим планированием производственного расписания на предприятиях мелкосерийного типа производства. Вестник ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН». 2023. № 1 (64). С. 22-25.

4. 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 ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН». 2024. № 1 (68). С. 159-167.

Пасхин К.Д.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
mdk.kirill@gmail.com

СПЕЦИФИКА ТЕКСТА МАШИНОЧИТАЕМОГО СТАНДАРТА

Аннотация. Настоящая статья посвящена исследованию машиночитаемых стандартов – форматов данных, специально разработанных для автоматизированной обработки компьютерами. Рассматриваются ключевые характеристики таких стандартов, включая их структурированность, синтаксическую точность, семантическую интерпретацию и эффективность передачи данных. Особое внимание уделяется различиям между популярными форматами, такими как XML, JSON и CSV. Анализируется роль машиночитаемых стандартов в современных информационных технологиях и их влияние на разработку

программного обеспечения, обмен данных в сетях и хранение информации. Статья предназначена как для специалистов в области информационных технологий, так и для широкого круга читателей, интересующихся современными методами обработки данных.

Ключевые слова: машиночитаемые стандарты, форматы данных, структурированные данные, синтаксическая правильность, семантическая интерпретация, эффективность передачи данных, обработка компьютерами, информационные технологии, автоматизированная обработка данных.

Paskhin K.D.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
mdk.kirill@gmail.com

SPECIFICS OF THE TEXT OF A MACHINE-READABLE STANDARD

Abstract. This paper is devoted to the study of machine-readable standards – data formats specifically designed for automated processing by computers. Key characteristics of such standards are discussed, including their structuredness, syntactic accuracy, semantic interpretation, and efficiency of data transfer. Special attention is paid to the differences between popular formats such as XML, JSON, and CSV. The role of machine-readable standards in modern information technologies and their impact on software development, data exchange in networks and information storage is analysed. The article is intended both for information technology specialists and for a wide range of readers interested in modern data processing methods.

Keywords: machine-readable standards, data formats, structured data, syntactic correctness, semantic interpretation, data transfer efficiency, computer processing, information technology, automated data processing.

В современной эпохе информационных технологий, где обработка данных стала неотъемлемой частью повседневной жизни, машиночитаемые стандарты занимают центральное место. Они представляют собой форматы данных, разработанные специально для автоматической обработки компьютерами. Но какова же специфика текста машиночитаемого стандарта? Данный вопрос в рамках множества исследований и проектов (Жуков Е.А., Чернышова Т.В., Калинина М., Беседина К.В., Матушкина И.Ю., Михалёва Е.А. и другие). Ученые и инженеры по всему миру посвящают свое время и усилия для анализа и улучшения машиночитаемых стандартов.

Специфика текста машиночитаемого стандарта включает в себя ряд уникальных характеристик, отличающих его от обычного человекочитаемого текста. Понимание этих особенностей имеет важное значение для разработчиков, аналитиков и всех, кто работает с данными в современном цифровом мире.

Согласно мнению Матушкиной И. Ю. и Михалевой Е. А. SMART-стандарты представляют собой документы, которые помимо текста, понятного человеку, содержат структурированные данные в различных форматах: формулы, таблицы, 3D- и 2D-графику, программный код, базы данных и прочее. [1] Эти данные понятны машинам и могут быть считаны ими без участия

человека-оператора. Похожее определение изложено в проекте стандарта «УМНЫЕ (SMART) СТАНДАРТЫ». Согласно данному проекту, умный (SMART) стандарт – это электронный документ по стандартизации, содержащий нормативные требования к объектам стандартизации. Является объектом информационной системы и представляется в виде контейнера неструктурированных и структурированных данных. [2] Позволяет посредством обработки программными средствами воспроизводить человекочитаемое содержание документа и сервисы по работе с содержанием, а также совокупность машиночитаемых, машиноинтерпретируемых и машинопонимаемых данных для передачи, обработки и выполнения в различных информационных и управляющих системах. Хоть и умный стандарт является новым документом, к нему изложены все требования по построению и содержанию стандартов при их разработке, изменении и отмене.

Стиль написания данных документов является официально-деловой. Согласно мнению Калинина М., язык таких официальных документов имеет некоторые особенности, а точнее, нейтральный тон изложения, логичность, конкретность и достаточность. [3] Таким же мнением придерживаются Чернышева Т.В. и Жукова Е.А.. [4, 5] Но помимо обычного текста, понимаемого человеком, SMART-стандарты включают в себя компьютерный язык. Объединение двух языков в документах по стандартизации является прорыв в данной области. На основе этого разрабатываются новые требования к построению и изложению SMART-стандартов.

Одним из ключевых особенностей компьютерного языка является разметка документа. Данным вопросом занималась Беседина К.В. По ее мнению, разметка может быть разделена на стилистическую разметку, структурную и семантическую: для описания структуры документа используется структурная разметка, для описания логики – семантическая, а за внешний вид отвечает стилистическая разметка. [6] XML-документ обычно состоит из процессинговых инструкций, элементов, атрибутов, сущностей и комментариев.

Процессинговые инструкции (Processing Instructions) предназначены для приложения, которое обрабатывает XML-документ. Они начинаются с символов «<?» и завершаются «?>«. Примером может служить указание кодировки документа или другие настройки обработки.

Элементы представляют собой основные строительные блоки XML-документа. Они начинаются с открывающего тега «<« и закрываются соответствующим закрывающим тегом «>«. Пример: <название_элемента>содержимое</название_элемента>. Элементы могут быть вложенными друг в друга.

Атрибуты содержат дополнительную информацию о элементе. Они указываются в открывающем теге элемента и имеют вид «имя=«значение»«. Например: <элемент имя_атрибута=«значение»>содержимое</элемент>.

Сущности представляют специальные символы, которые могут иметь особое значение в XML (например, «<« представляет символ «<«). Сущности позволяют вставлять специальные символы в документ без их конфликта с синтаксисом XML.

Комментарии представляют собой текст, который не обрабатывается XML-процессором. Они начинаются с «<!--» и заканчиваются «-->«. Комментарии используются для добавления пояснений к документу.

Эти компоненты совместно образуют структуру XML-документа, который может быть легко интерпретирован как человеком, так и компьютерной программой. XML широко используется для обмена данными между различными системами и является основой для многих других технологий, таких как RSS, SOAP, XHTML и многих других.

Одним из отличительных свойств языка XML является его гибкость. Разработчик может сам определять названия элементов. На основании этого строится иерархическое дерево, которое начинается с корневого элемента и разветвляется на более низкие уровни элементов. Разработка иерархического дерева сущностей для каждого элемента стандарта может помочь в понимании структуры и связей между элементами стандарта. На рисунке 1 представлен небольшой пример иерархического дерева для описания книги в формате XML.

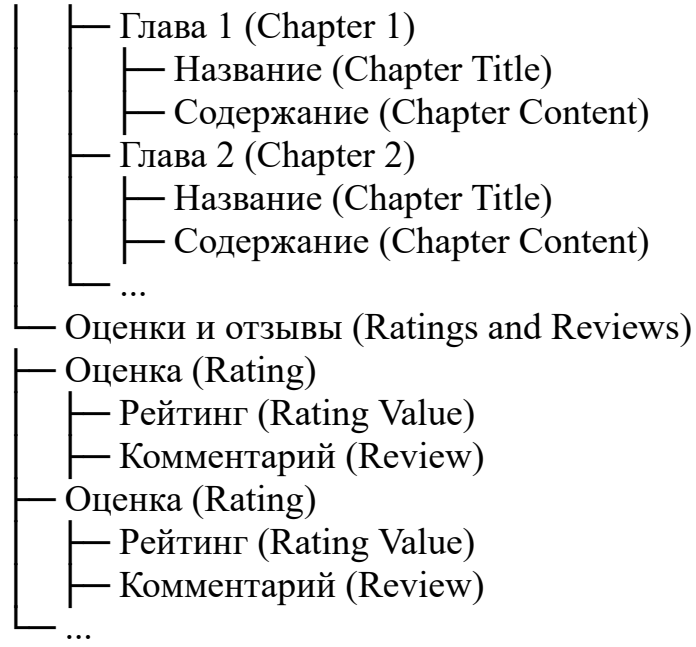


Рис. 1. Пример иерархического дерева

Данное иерархическое дерево можно представить в другом виде.

Книга (Book)

- Заголовок (Title)
- Автор (Author)
- Издательство (Publisher)
- Год публикации (Publication Year)
- ISBN (International Standard Book Number)
- Жанр (Genre)
- Аннотация (Description)
- Список глав (Chapters)



В данном иерархическом дереве «Книга» является корневым элементом, а каждый элемент (например, «Заголовок», «Автор» и так далее) вложен в другие элементы в зависимости от их отношения в структуре данных. Это позволяет организовать информацию в структурированной форме и устанавливать связи между различными аспектами данных.

Для разработки иерархического дерева сущностей для конкретного стандарта потребуется изучить структуру этого стандарта и определить, какие элементы он содержит и как они связаны друг с другом. Иерархическое дерево поможет визуализировать эту структуру и лучше понять, какие данные могут быть представлены в формате стандарта.

На рисунке 2 представлена обобщенная структура национальных стандартов.

Исходя данной структуры, любой стандарт содержит как минимум 15 элементов, которые в свою очередь делятся на подэлементы. Каждому элементу необходимо придумать название для их перевода в XML формат.

В общем виде стандарт состоит из следующих отдельных элементов:

- титульного листа;
- предисловия;
- содержания;
- введения;
- наименования;
- области применения;
- нормативных ссылок;
- терминов и определений;
- обозначений и сокращений;
- основных нормативных положений;
- приложений;
- библиографии;
- библиографических данных.

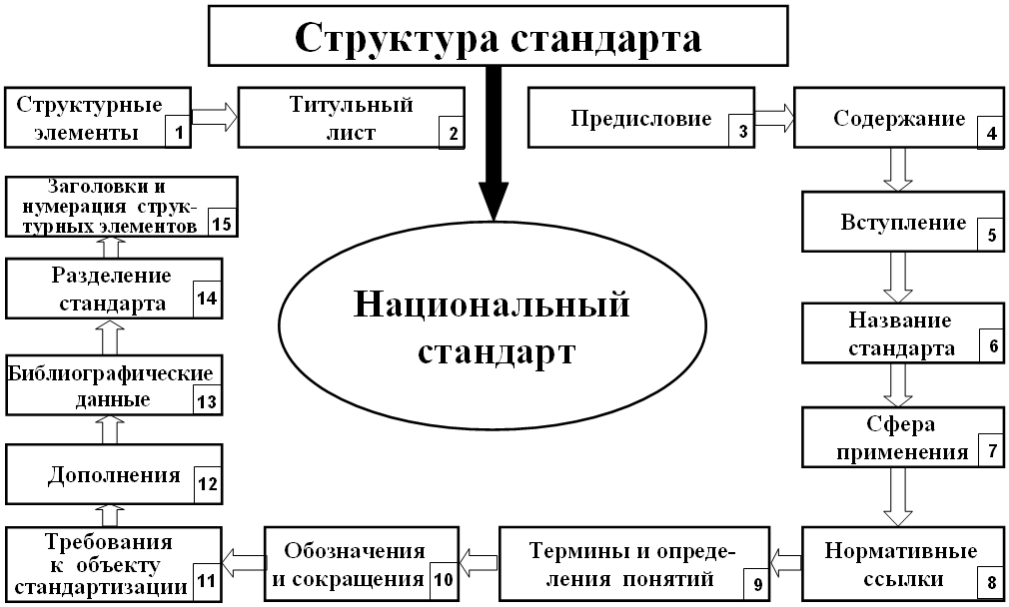


Рис. 2. Обобщенная структура национальных стандартов

На основе данных элементов можно разработать элементы для XML стандарта:

1. <TitlePage>;
2. <Preface>;
3. <TableOfContents>;
4. <Introduction>;
5. <Title>;
6. <ScopeOfApplication>;
7. <NormativeReferences>;
8. <TermsAndDefinitions>;
9. <DesignationsAndAbbreviations>;
10. <BasicNormativeProvisions>;
11. <Appendices>;
12. <Bibliography>;
13. <BibliographicData>.

Каждый из этих элементво содержит большое количество подэлементов. К примеру, титульная страница состоит из полного наименования стандарта, его обозначения, статус, наименования стандарта, сведения об издании.

Общая структура иерархического дерева будет состоять из следующих элементов:

1. **Титульный лист** (**<TitlePage>**):

<FullTitle>Полное наименование стандарта</FullTitle>
<Designation>Обозначение стандарта</Designation>
<Status>Статус стандарта</Status>
<Title>Наименование стандарта</Title>
<EditionInfo>

<Edition>Номер издания</Edition>
<Date>Дата издания</Date>
<!-- Другие сведения об издании -->

</EditionInfo>

2. **Предисловие** (**<Preface>**):
- **<IntroductionText>** (Текст предисловия)
3. **Содержание** (**<TableOfContents>**):
- **<Section>** (Каждый раздел имеет свой заголовок)
4. **Введение** (**<Introduction>**):
- **<IntroductionText>** (Текст введения)
5. **Наименование** (**<Title>**):
- **<TitleText>** (Текст наименования)
6. **Область применения** (**<ScopeOfApplication>**):
- **<ScopeText>** (Текст области применения)
7. **Нормативные ссылки** (**<NormativeReferences>**):
- **<Reference>** (Каждая нормативная ссылка)
8. **Термины и определения** (**<TermsAndDefinitions>**):
- **<Term>** (Каждый термин с его определением)
9. **Обозначения и сокращения** (**<DesignationsAndAbbreviations>**):
- **<Designation>** (Каждое обозначение)
10. **Основные нормативные положения** (**<BasicNormativeProvisions>**):
- **<Provision>** (Каждое нормативное положение)
11. **Приложения** (**<Appendices>**):
- **<Appendix>** (Каждое приложение имеет свой заголовок и текст)
12. **Библиография** (**<Bibliography>**):
- **<Source>** (Каждый источник)
13. **Библиографические данные** (**<BibliographicData>**):
- **<Author>** (Автор)
- **<Title>** (Название публикации)
- **<Year>** (Год публикации)
- и т.д., в зависимости от конкретных данных о библиографии.

Каждый из этих элементов может содержать подэлементы для организации и представления соответствующей информации. Однако, точная структура может варьироваться в зависимости от конкретных требований и соглашений. Также необходимо присваивать индентификационный номер (id) к каждому элементу для его быстрогоо поиска среди всего стандарта и дальнейшей интеграции в цифровые системы предприятий.

Машиночитаемые стандарты представляют собой ключевой элемент современных информационных технологий, обеспечивая унифицированный формат для обмена, хранения и обработки данных. Их эффективная

поддержка различных типов данных, устойчивость к ошибкам и возможность расширения делают стандарты незаменимыми инструментами в различных сферах применения.

Успешная реализация машиночитаемых стандартов невозможна без правильного документирования. Спецификации, примеры данных и рекомендации по использованию играют решающую роль в обеспечении правильной интерпретации и обработки данных в соответствии с установленными стандартами.

В целом, машиночитаемые стандарты не только способствуют эффективной работе информационных систем, но и содействуют совместимости и взаимодействию различных приложений и платформ. Их значимость непрерывно растет в современной цифровой эпохе, делая их ключевым инструментом для развития технологических решений и инноваций.

Список литературы

1. И. Ю. Матушкина, Е. А. Михалёва Умный стандарт как инструмент цифровой трансформации / И. Ю. Матушкина, Е. А. Михалёва – Екатеринбург: ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», 2023. – С. 44-48.

2. ПНСТ. УМНЫЕ (SMART) СТАНДАРТЫ. Общие положения. Smart (SMART) standards. General provisions / Федеральное агентство по техническому регулированию.

3. Калинина М. Особенности официально-делового стиля документа / Калинина М. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2021. – С. 42-47.

4. Чернышева, Т. В. Прикладные аспекты изучения официально-деловой коммуникации: принципы оценки деловых текстов [Текст] / Т. В. Чернышева // Филология человека. – 2016. – № 2. – С. 177-191.

5. Жукова, Е. А. Особенности официально-делового стиля [Текст] / Е. А. Жукова // Вестник МИТУ-МАСИ. – 2018. – № 1. – С. 65-67.

6. Беседина К.В. Особенности языка разметки xml / Беседина К.В. – Москва: Финансовый университет при правительстве Российской Федерации, 2016.

Смелов В.Ю.
к.т.н., технический директор
«ГПБ Комплект» (АО)
Россия, Москва
b.c.21@mail.ru
Шпер В.Л.
к.т.н., доцент
НИТУ МИСИС
Россия, Москва
vlad.shper@gmail.com

ТЕХНОЛОГИЯ КАЧЕСТВА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Аннотация. Известный во всём мире японский учёный и гуру качества профессор Генити Тагути разработал методологию под названием Quality Engineering. Профессор Юрий Павлович Адлер был лично знаком с профессором Генити Тагути и неоднократно обсуждал суть данной методологии. В итоге он (Адлер Ю.П.) пришёл к выводу, что наиболее правильным переводом термина «Quality Engineering» на русский язык следует считать термин «технология качества». Однако технология качества по Генити Тагути в ответ на изменения мира требует уточнений и дополнений, чем профессор Юрий Павлович Адлер занимался до конца своих дней [1]. Данная работа представляет собой попытку указать на существующие недостатки и направления дальнейшего развития данной концепции.

Ключевые слова: качество, статистические методы управления качеством, модель Кано, кривая десятикратного увеличения затрат, методы Тагути, функция потерь Тагути, робастное проектирование, планирование и организация экспериментов, индексы воспроизводимости процессов, индексы по Тагути, технология качества.

Smelov V.Yu.
Candidate of Technical Sciences, Technical Director
GPB COMPLECT (JSC)
Russia, Moscow
b.c.21@mail.ru
Shper V.L.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
NUST MISIS
Russia, Moscow
vlad.shper@gmail.com

QUALITY TECHNOLOGY: DESIGN, PRODUCTION AND OPERATION

Аннотация. A world-renowned Japanese scientist and quality guru, Professor Genichi Taguchi, has developed a methodology called Quality Engineering. Professor Yuri Pavlovich Adler was personally acquainted with Professor Genichi Taguchi and repeatedly discussed the essence of this methodology. As a result, he (Adler Y.P.) came to the conclusion that the most appropriate translation of the term "Quality Engineering" into Russian should be considered the

term "quality technology". However, the quality technology of Genichi Taguchi in response to changes in the world requires clarifications and additions, which Professor Yuri Pavlovich Adler did until the end of his days [1]. This work is an attempt to point out the existing shortcomings and directions for further development of this concept.

Ключевые слова: quality, statistical methods of quality management, Kano model, tenfold cost increase curve, Taguchi methods, Taguchi loss function, robust design, planning and organization of experiments, process reproducibility indices, Taguchi indices, quality technology.

С практической точки зрения, решающее значение для бизнеса имеют три показателя: время, деньги и вариабельность.
Ю.П. Адлер

Качество – то, к чему мы стремимся. При этом до сих пор сложно дать однозначное определение данному термину. Хотя было немало попыток. И они не заканчиваются. Однако, как уже неоднократно утверждалось, наиболее правильным из всех существующих можно считать определение, которое дал в своё время Уолтер Шухарт: *«... концепция качества некоторой вещи означает последовательность воспринимаемых составляющих, связанных с предварительно обдуманными или заданным набором операций».*

Шухарт же определил три типа качества [2]:

Тип 1 – это то, что *«характеризует вещь саму по себе, независимо от всех других вещей и воли и интересов человека».*

Тип 2 – это то, что *«характеризует вещь А в ее отношении к другой вещи Б как части целого, независимо от воли, и интересов человека».*

Тип 3 – это то, что *«делает вещь желаемой со стороны одного или более персон».*

В целом модель другого известного японского учёного Нориаки Кано соответствует определению Шухарта и его типам качества (рисунок 1).

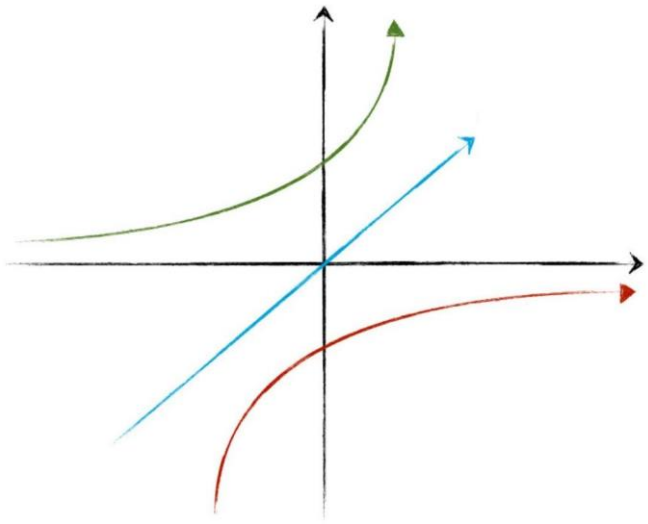


Рис. 1. Модель Кано:
1 – базовое качество – красная стрелка, 2 – требуемое качество – синяя стрелка, 3 – превосходящее ожидания качество

Модель Кано следует интерпретировать следующим образом:

Базовое качество – красная стрелка – качество, которого не может не быть, которое определяет продукт как таковой. То есть без этого продукт не может быть таковым.

Требуемое качество – синяя стрелка – явные требования, запрашиваемые потребителем у производителя. На соответствие этим требованиям проводится испытания и проверки (оценка соответствия).

Превосходящее ожидания качество – зелёная стрелка – то качество, которое превосходит ожидания потребителя.

Именно выполнение всех трёх условий и создаёт тот уровень качества, к которому стоит стремиться. Кроме того, данная модель демонстрирует, что со временем требуемое качество переходит в базовое, а превосходящее ожидания – в требуемое.

Теперь обратимся к кривой десятикратного увеличения затрат (рисунок 2). Авторство кривой десятикратного увеличения затрат приписывается Ст. Биру. При этом следует отметить, что довольно тщательное изучение доступных работ Ст. Бира, проделанное в обзоре [3], не подтвердило его авторства. Однако, это вовсе не значит, что не он сформулировал данное правило.



Рис. 2. Правило десятикратного увеличения затрат

По сути, три этапа – проектирование, производство и эксплуатация – представляют собой цикл спирали, по которой формируется следующее состояние по модели Кано. В целом это согласуется с ещё одной концепцией, получившей название спиральная динамика [4]. К сожалению, более подробное рассмотрение этого вопроса выходит за рамки данной статьи.

И вот в этой ситуации вопрос о том, как создавать качественную продукцию по приемлемой цене становится вполне насущным и очень актуальным. Одним из наиболее эффективных, а возможно даже самым эффективным подходом следует считать именно технологию качества Генити Тагути.

О её элементах [5], [6], [7] и в целом о подходе [1] было опубликовано немало статей. Вообще профессор Ю.П. Адлер опубликовал более двадцати работ непосредственно по методам Тагути, а количество его работ, в которых методы Тагути упоминаются или на них даются ссылки, сосчитать не представляется возможным. Кроме того, в нашей стране введён в действие ГОСТ Р ИСО 16336–2020 – перевод первого международного стандарта ISO 16336:2014 – по робастному проектированию, которое представляет собой неотъемлемую часть методов Тагути. Профессор Юрий Павлович Адлер на основе перевода ISO 16336:2014 издал учебное пособие [8].

Данный стандарт представляет собой важный шаг в направлении популяризации и доведения технологии качества Г. Тагути до широких масс. Однако, следует отметить и тот факт, что и ISO 16336:2014, и ГОСТ Р ИСО 16336-2020 ограничены только робастным проектированием, а сама концепция технологии качества гораздо шире.

Суть методов Тагути сводится к разработке и производству высокотехнологической продукции с минимальными потерями. При этом в самой методологии Тагути можно выделить два взаимосвязанных элемента – функцию потери качества Тагути, и то самое робастное проектирование, которое упоминалось выше. Именно двум этим элементам посвящены уже упомянутые статьи [5] и [6].

Однако, до начала разработки продукции и технологии её производства следует определить то, чего нужно рынку в целом и каждому конкретному потребителю в частности. Профессор Юрий Павлович Адлер в рамках технологии качества предлагал использовать структурирование функции качества (СФК) – Quality Function Deployment (QFD) для определения требований потребителей и перевода их на технический язык [7]. При этом сам термин корректнее было бы перевести «структурирование качества по функциям», что лучше отражает суть, но менять устоявшиеся термины, хоть и переводные, дело неблагодарное. Данный инструмент позволяет осуществить плавный переход от маркетинга к проектированию продукта и разработке технологии его производства. Сама реализация СФК осуществляется путём построения «дома качества» (рисунок 3) с многократным их преобразованием в цепь (рисунок 4) так, чтобы в конце концов получить ответ на вопрос «как ублажить потребителя?».

СФК позволяет обеспечить взаимопонимание и однозначную реализацию требований именно таким образом, чтобы результат был качественным, то есть на выходе был именно тот продукт, который выполняет все требования потребителя и превосходит его ожидания.

В целом методика СФК сама по себе полноценна с технической и производственной точки зрения. Однако ей не достаёт некоторых аспектов, которые содержатся в других инструментах, таких как функционально-стоимостной анализ (ФСА) и быстрореагирующее производство (БРП) – Quick Response Manufacturing (QRM).

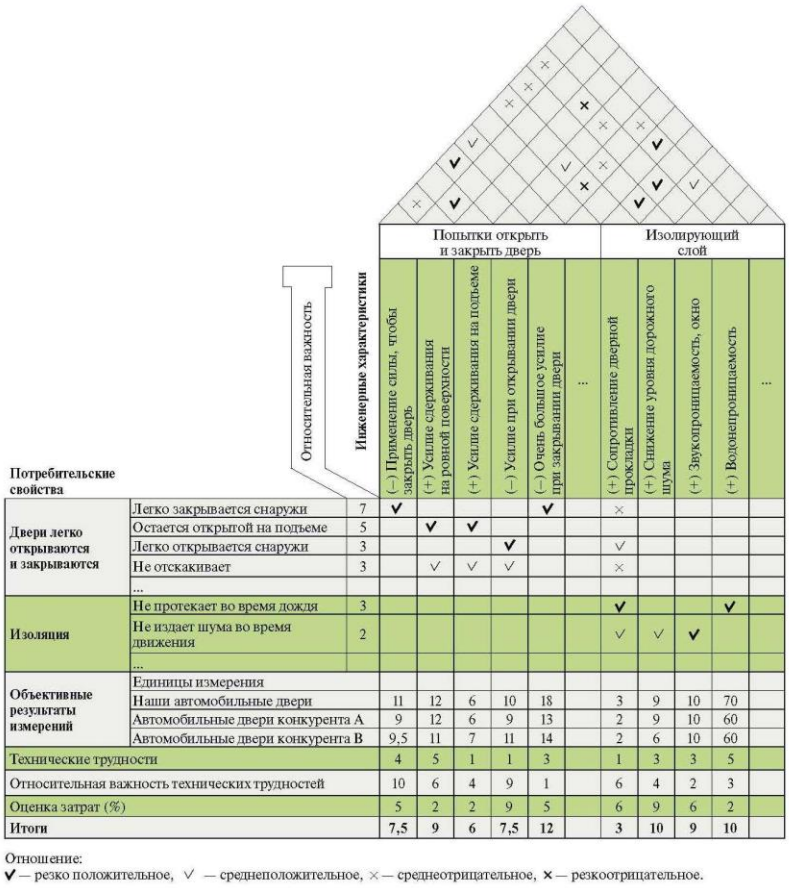


Рис. 3. Пример «дома качества» [7]

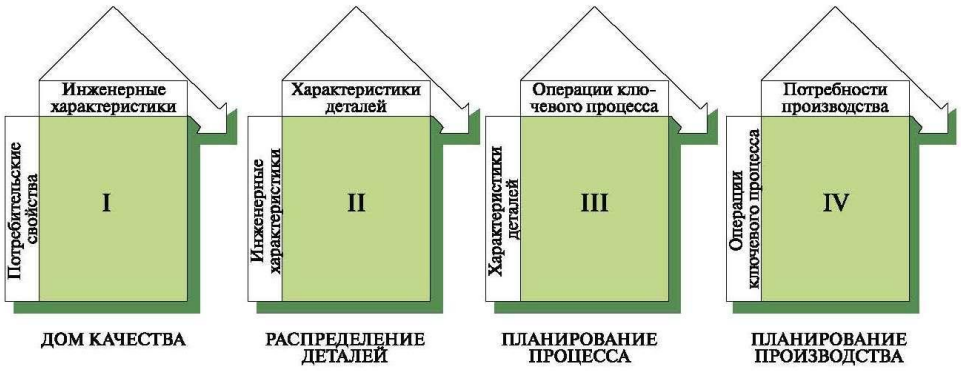


Рис. 4. Цепь «домов качества» [7]

ФСА позволяет оценить производство продукта не только с технической и производственной точки зрения, но и с финансовой и экономической [9]. То есть объединение СФК и ФСА позволяет получить полную картину о том, что именно, как и за счёт каких ресурсов будет производиться, как быстро всё это окупится, и как скоро начнёт приносить прибыль. Вопрос гармоничного объединения данных методик представляет не только практический интерес, но и научный. По всей видимости решение этой задачи обогатит технологию качества и сделает её инструментом управления не только производством, но повысит существенно экономическую эффективность деятельность организации.

Ещё одним важным подходом, которым следовало бы дополнить СФК следует считать БРП [10]. Главной целью стратегии быстрореагирующего производства служит сокращение времени работ, то есть промежутка времени от определения потребности потенциального покупателя и до его удовлетворения желаемой продукцией. При этом БРП следует применять не только в процессе реализации СФК, но и на всех последующих этапах.

Теперь несколько слов о робастном проектировании [6]. Суть его заключается в разработке такой продукции, которая нечувствительна или устойчива (робастна) к внешним шумам, то есть, по сути, к одному из источников вариабельности. При этом, как правило, удаётся найти такое оптимальное номинальное значение, которое становится целевым, и позволяет минимизировать потери на всех последующих этапах, включая производство и эксплуатацию. Робастное проектирование – это частный случай методологии планирования и организации эксперимента, где в качестве откликов рассматриваются отношение сигнала к шуму, а также чувствительность. При этом на выходе мы получаем не только параметры, характеризующие качество изделия – номинал и границы допуска, но и оптимальные режимы производства.

В целом робастное проектирование позволяет разработать наиболее совершенный из возможных вариантов продукта с точки зрения отношения его ценности к цене, где последняя включает затраты не только на приобретение, но и на эксплуатацию, а иногда и на утилизацию, что в свою очередь согласовывается с правилом десятикратного увеличения затрат (рисунок 2).

В то же время стандарт ISO 16336:2014 и его отечественный аналог, а также большинство примеров, которые можно изучить, основаны на ограниченном числе хоть и довольно широко применимых планов эксперимента (L_9 и L_{18}). Это объясняется тем, что на практике данные планы экспериментов позволяют решить большинство задач, а для нетипичных случаев рекомендуется привлечь консультантов в области планирования и организации эксперимента. Построение новых планов экспериментов в ситуациях, для которых данный план не подходит, не самая тривиальная задача, так как практика робастного проектирования имеет ряд условий и ограничений, соблюдение которых может приводить к дополнительным сложностям и затратам на реализацию экспериментов и интерпретацию их результатов.

И теперь о функции потерь качества по Тагути. Тагути предложил считать, что оптимально то состояние, когда ключевой параметр продукта совпадает с заданным целевым значением, т.к. любое отклонение от него ведёт к тем или иным потерям у потребителя. Потери минимальны именно тогда, когда значение параметра совпадает с целевым значением, которое часто, но не всегда назначают номиналом. С таким подходом согласуется определение термина «качество» самим Тагути: «Качество – это потери в обществе, вызванные продукцией после того, как она была поставлена» [2]. Также Тагути предложил функцию потери качества, зависящую от отклонения параметров

от номинала. Как правило, на практике достаточно оперировать функцией потери качества по Тагути следующего вида:

$$L(y) = k(y-m)^2, \quad (1)$$

где k – коэффициент, выражающий потери в принятых денежных единицах на квадрат смещения фактического значения контролируемого параметра y относительно номинального значения m.

Сам коэффициент k вычисляется как отношение величины потери на границе поля допуска u к квадрату расстояния от номинального значения m до соответствующей границы поля допуска – USL и LSL (верхняя или нижняя границы, соответственно). При этом значение u нам всегда известно, т.к. это стоимость забракованного изделия. Если теперь номинал совпадает с серединой поля допуска, то

$$k = \frac{u}{(USL-m)^2} \text{ или } = \frac{u}{(m-LSL)^2}. \quad (2)$$

В общем случае значение u на нижней (LSL) и верхней (USL) границах поля допуска на практике часто различны, так как речь может идти об исправимом и окончательном браке в зависимости от свойств изделия.

Описанное выше обычно иллюстрируется так, как это представлено на рисунке 5.

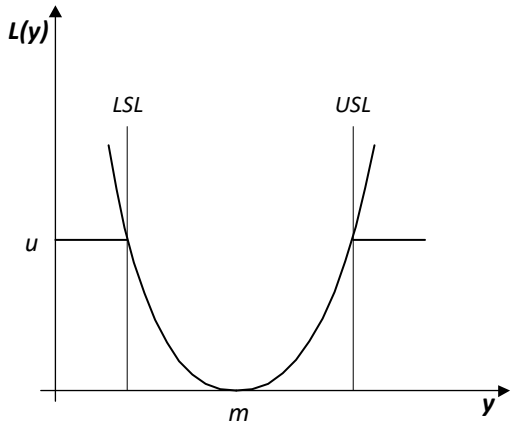


Рис. 5. Функция потерь Тагути (парабола) и классический допусковый подход к учёту потерь от брака

Более подробно функция потерь Тагути рассмотрена в главе 12 [11]. Здесь заметим только то, что выход за границы поля допуска также ведёт к росту потерь так, что чем дальше от номинала, тем эти потери выше.

Такой подход требует совершенно иного отношения к контролю и управлению качеством. Дело в том, что теперь недостаточно просто соответствовать требованиям границ поля допуска. Важно минимизировать вариабельность процесса производства продукции [12]. При этом настройку процесса, то есть среднее значение, желательно привести как можно ближе к целевому значению.

Стоит заметить, что параболическая модель согласно функции потерь Тагути не представляет собой истину в последней инстанции, а служит своего рода альтернативой и приближением к более реальной картине мира.

И есть ещё один важный неизбежный вывод – в таких случаях индексы воспроизводимости процессов C_p и C_{pk} уже не могут служить мерами качества производственных процессов. Вообще с любыми индексами следует обходиться осторожно. Однако, в качестве временной меры допустимо использование индекса по Тагути, который обозначается C_{pm} или C_{pT}. Этот индекс при его расчёте учитывает смещение среднего значения относительно номинала и позволяет определить величину потерь. Об этом подробно с примерами написано в [13].

На этом можно было бы остановиться. Однако профессор Юрий Павлович Адлер при переводе и редактировании книги [14] обнаружил факт, который с одной стороны, как он говорил, для него был очевидным, с другой стороны нигде ранее об этом не было написано. Речь о том, что оптимальное значение номинала (то есть целевое значение), для простоты оптимум, в свою очередь, как и всё на свете подвержен вариабельности!

Осознание этого делает процесс совершенствования по-настоящему непрерывным. Дело в том, что теперь нам следует соответствовать одновременно не одному и даже не двум, а трём условиям:

1) обеспечить статистическую стабильность процесса и нахождение характеристик продукта в пределах границ поля допуска;

2) максимально снижать вариабельность и концентрировать значения ключевых параметров вокруг целевого значения;

3) постоянно проверять, не изменился ли оптимум, и в случае необходимости корректировать настройку процесса.

Такой подход позволит обеспечить оптимальные условия производства и эксплуатации на постоянной основе при изменении условий, которые на это влияют. После подробного изучения книги [14] профессор Юрий Павлович Адлер был убеждён, что компания Тойота действует уникальным образом, а именно проводит по всем контролируемым параметрам каждой детали однофакторные эксперименты, где в качестве фактора служит контролируемый параметр, а в качестве отклика – характеристика качества продукции, которая носит ключевой характер для конечного потребителя. В качестве таковой может служить, например, срок службы автомобиля или расход топлива/энергии на единицу пройденного пути и так далее. Технология качества в данном виде безусловно представляет собой существенное развитие концепции статистических методов управления качеством. Реализовать её можно только совместной и слаженной работой команды высококвалифицированных и разносторонних профессионалов, единым языком взаимодействия которых должны служить контрольные карты Шухарта [15].

Таким образом, технология качества с учётом описанных выше дополнений и уточнений позволит создавать продукцию, желаемого уровня качества по приемлемой цене и непрерывно её совершенствовать на последующих этапах непрерывного совершенствования.

Список литературы

1. Смелов В.Ю., Хунузиди Е.И., Шпер В.Л. Технология качества: от Г. Тагути до Ю.П. Адлера // Методы менеджмента качества. 2023. – № 11. – С. 48–52.
2. Р. Хойер, Б. Хойер. Что такое качество? – Стандарты и качество, 2002, №3, 97–102.
3. Адлер Ю. П., Смелов В. Ю. Системное статистическое мышление: сложные системы и статистическое мышление. – Учебное пособие. – М.: Изд. Дом НИТУ «МИСИС», 2017. – 88 с.
4. Бек Дон, Кован К. Спиральная динамика. Управляя ценностями, лидерством и изменениями в XXI веке. – М.: BestBusinessBooks, 2010. – 415 с.
5. Адлер Ю. П. Методы Тагути: Технология качества. Часть 1. Функция потерь. // Методы менеджмента качества, 2020. – № 7. – С. 26–29.
6. Адлер Ю. П. Методы Тагути: Технология качества. Часть 2. Робастное проектирование. // Методы менеджмента качества, 2020. – № 10. – С. 30–35.
7. Адлер Ю. П. Методы Тагути: Технология качества. Часть 3. Структурирование функции качества. // Методы менеджмента качества, 2020. – № 12. – С. 38–43
8. Адлер Ю. П. Системное статистическое мышление. Методы Тагути и их стандартизация. Учебное пособие. М.: Изд. Дом НИТУ «МИСИС», 2020. – 132 с.
9. Шеремет А.Д., Ковалев А.П. Функционально-стоимостной анализ: учебное пособие / Под ред. А.Д. Шеремета. − М.: Экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, 2017. – 204 с.
10. Раджан Сури. Время – деньги. – Просвещение/Бином, 2018 – 326 с.
11. Нив Г. Организация как система: Принципы построения устойчивого бизнеса Эдвардса Деминга. – Перевод с английского Ю. Рубаника (1–18 главы), Ю. Адлера и В Шпера (19–32 главы); Научная редакция Ю. Адлер, Ю. Рубаник, В. Шпер. – М.: Альпина Паблишер, 2014. – 370 с.
12. Адлер Ю. П., Смелов В. Ю. Обеспечение стабильности выпуска продукции путём повышения качества (с применением контрольных карт Шухарта). – 11th DQM International Conference «Life Cycle Engineering and Management» (ICDQM- 2020). – Prijevor, Serbia, 25–26 June 2020. – P. 113–120
13. Смелов В. Ю., Шпер В. Л., Хунузиди Е. И., Ахметова Е. А., Олексенко Я. Г. Два метода оценки качества процессов и влияние на них вариабельности систем измерений. Часть 1 и Часть 2 // Методы менеджмента качества. 2024. № 1. С. 46–51. и № 2. С. 38–45. соответсвенно.
14. М. Ротер. Тойота ката. Лидерство, менеджмент и развитие сотрудников для достижения выдающихся результатов. – СПб.: Питер, 2014. – 304 с.: ил. Перевод с английского под редакцией Ю. Адлера, Э. Башкардина.
15. Шпер В.Л., Смелов В.Ю., Хунузиди Е.И. От идеала к совершенству. // Стандарты и качество. 2024. № 13. С. 14–21.

Бауманис А.В.
студент
НИТУ МИСИС
Россия, Москва
baumanis.aiya@gmail.com
Научный руководитель: ***Смелов В.Ю.***
к.т.н., доцент
НИТУ МИСИС
Россия, Москва
b.c.21@mail.ru

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЗНАЧЕНИЙ ИНДЕКСОВ ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ ПРОЦЕССОВ ПО ТАГУТИ

Аннотация. Существуют классические индексы воспроизводимости процессов (ИВП) Ср и Cpk, которые применяются для количественной оценки качества стабильных процессов и их настройки. Для значений ИВП построены таблицы определения доли брака при условии, что данные, подчиняются нормальному закону распределения. Однако характеристики продукции не только должны соответствовать требованиям допусков, но и максимально стремиться к целевому значению. Для этого был введен комплексный показатель – индекс воспроизводимости процессов по Тагути.
Основная проблема применения ИВП по Тагути на сегодняшний день – отсутствие однозначного подхода к интерпретации его значений. Ситуация настолько сложна, что далеко не всегда можно зная значения ИВП по Тагути для двух процессов, сказать который из них лучше.

Ключевые слова: оценка качества, индексы воспроизводимости процессов, допуски, целевое значение процесса.

Baumanis A.V.
Student
NUST MISIS
Russia, Moscow
baumanis.aiya@gmail.com
Scientific Advisor: ***Smelov V.Yu.***
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
NUST MISIS
Russia, Moscow
b.c.21@mail.ru

INTERPRETATION OF THE VALUES OF TAGUCHI PROCESS CAPABILITY INDICES

Abstract. There are classical C_p and C_{pk} process capability indices, which are used to quantify the quality of stable processes and their settings. Tables for determining the proportion of defects have been constructed for the values of the PCI, provided that the data obey the normal distribution law. However, the product characteristics must not only meet the requirements of the tolerances, but also strive as much as possible for the target value. For this purpose, a comprehensive indicator was introduced – the Taguchi process capability index.
The main problem of using the Taguchi PCI today is the lack of an unambiguous approach to interpreting its meanings. The situation is so complicated that it is not always possible, knowing the values of the Taguchi PCI for two processes, to say which one is better.

Keywords: quality assessment, process capability indices, tolerances, process target value.

Существуют классические индексы воспроизводимости процессов (ИВП) C_p и C_{pk}, которые применяются для количественной оценки качества стабильных процессов и их настройки. Данные индексы при определенных условиях позволяют определить условную долю брака и возможный уровень потерь. По сути, ИВП – это отношение разности границ допуска (величина поля допуска) к фактическому разбросу значений (диапазон между границами контрольной карты Шухарта).

Обычно рассчитывают оба классических ИВП, но оценку процесса осуществляют именно по индексу C_{pk}, потому что в реальных условиях крайне редко процесс настроен ровно на середину [1]. Он рассчитывается по формуле:

$$C_{pk} = \frac{\min\left\{USL - \bar{X}; \bar{X} - LSL\right\}}{3\sigma_{R/d_2}}$$

где USL – верхняя граница допуска;

LSL – нижняя граница допуска;

$\bar{X}$ – среднее значение

σ_{R/d_2} – стандартное отклонение, рассчитанное по формуле:

$$\sigma_{R/d_2} = \frac{\bar{R}}{d_2}.$$

где $\bar{R}$ – средний размах;

d_2 – коэффициент для оценки стандартного отклонения, зависящий от объема группы.

Индексы C_p и C_{pk} могут рассчитываться только для стабильных процессов, в то время как для нестабильных процессов рекомендуют рассчитывать другую пару индексов P_p и P_{pk}, названных индексами пригодности процессов. Отличие второй пары индексов от первой заключается в том, что стандартное отклонение вычисляется для генеральной совокупности по стандартной формуле, а не через размах и коэффициент d_2 [2]. Для значений ИВП построены таблицы определения доли брака при условии, что данные, подчиняются нормальному закону распределения. Это может быть несколько ошибочным, так как далеко не всегда данные подчиняются закону Гаусса, а для однозначного подтверждения соответствия распределения данных какому-либо из законов распределений потребуется значительно больше данных, чем для расчёта ИВП.

Приведённые выше индексы предназначены только для оценки соответствия процессов на способность производить годную продукцию с точки зрения допускового подхода. Однако очевидно, что характеристики продук-

ции не только должны соответствовать требованиям допусков, но и максимально стремиться к целевому значению. Этот подход был сформулирован японским учёным Г. Тагути, а комплексный показатель – индекс воспроизводимости процессов по Тагути – вычисляется с использованием «сигмы Тагути», включающей в себя обычное стандартное отклонение и разницу между фактическим и целевым значениями [3]. Таким образом, ИВП по Тагути учитывает не только отклонение среднего от целевого значения, но и изменение разброса процесса, а также позволяет рассчитать ожидаемые потери в денежном выражении, так как связан с функцией потерь Тагути [4].

$$C_{pT} = \frac{USL - LSL}{3\sigma_T}.$$

$$\sigma_T = \sigma \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{\bar{X} - T}{\sigma}\right)^2}.$$

где T – заданное целевое значение характеристики

Основная проблема применения ИВП по Тагути на сегодняшний день – отсутствие однозначного подхода к интерпретации его значений. Ситуация настолько сложна, что далеко не всегда можно зная значения ИВП по Тагути для двух процессов, сказать который из них лучше. Для разрешения этой проблемы можно в качестве отправной точки построить математическую модель и сопоставить значения условной доли брака для классических ИВП и ИВП по Тагути, основываясь на данных, соответствующих нормальному закону распределения. На рисунках 1 и 2 показано, как при одном и том же значении C_{pT} = 1,33, но при различных смещениях, ситуации выглядят кардинально по-разному. За целевое значение обычно принимается середина поля допуска [5].

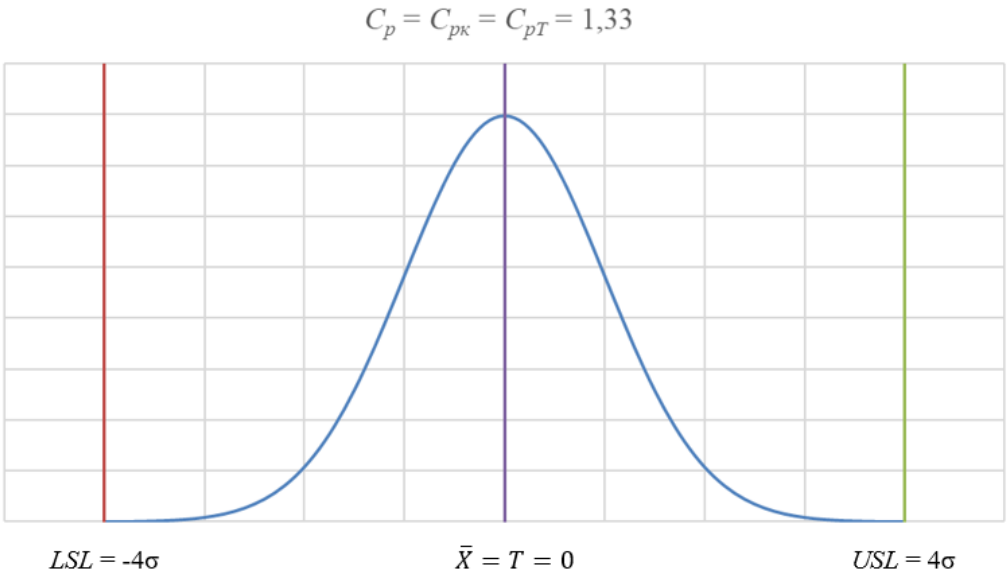


Рис. 1. Процесс C_{pT} = 1,33 и нулевым смещением

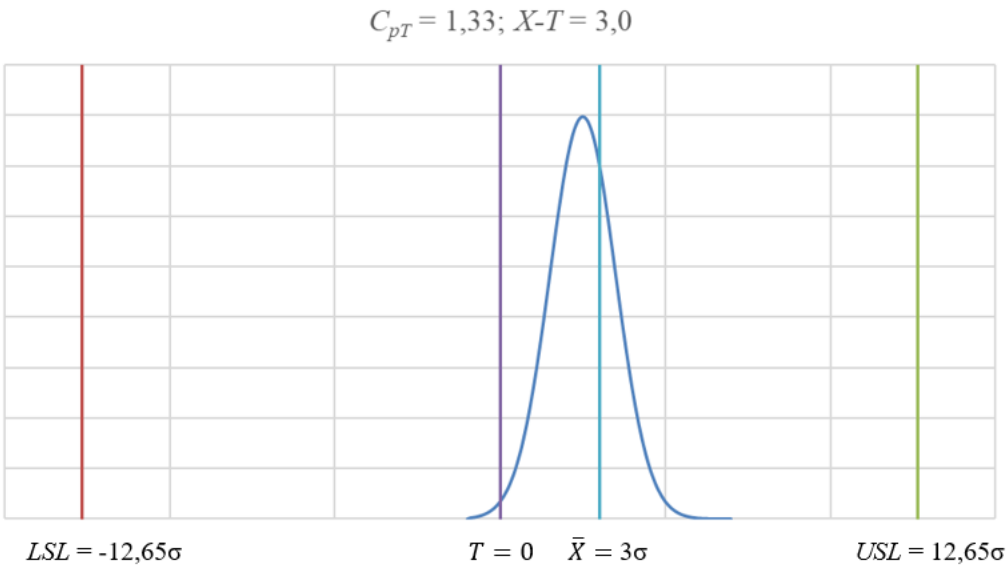


Рис. 2. Процесс с C_{pT} = 1,33 и смещением 3σ

Для построения математической модели возьмем данные стабильного процесса и, как отметили ранее, подчиняющиеся нормальному закону распределения. Доля брака в зависимости от смещения среднего значения относительно целевого в долях σ. рассчитывается по формуле:

$$ДБ = 1 - \Phi\left(\frac{USL - \bar{X}}{\sigma\sqrt{1+\left(\frac{\bar{X}-T}{\sigma}\right)^2}}\right) + \Phi\left(\frac{\bar{X} - LSL}{\sigma\sqrt{1+\left(\frac{\bar{X}-T}{\sigma}\right)^2}}\right).$$

Греческая буква Ф – функция распределения вероятностей для нормального закона распределения.

На графике можно заметить то, насколько существенно влияет смещение среднего значения относительно целевого при одинаковом разбросе на условную долю брака. При этом, чем выше значение ИВП по Тагути, тем большее влияние имеет смещение. Таким образом можно сделать вывод, что смещение более значимо, чем разброс, и, соответственно, настройку на целевое значение следует осуществить раньше, чем снижать вариабельность. При этом следует понимать, что манипуляции с настройкой и разбросом процессов допустимы только при условии их стабильности. Во всех остальных ситуациях вмешательство в нестабильный процесс может привести к куда более плачевным последствиям.

На рисунке 3 представлены графики отношения условных долей брака к условным долям брака без задания целевого значения в зависимости от разности среднего и целевого значений. Справа показана та часть кривых, которая плохо различима на левом рисунке.

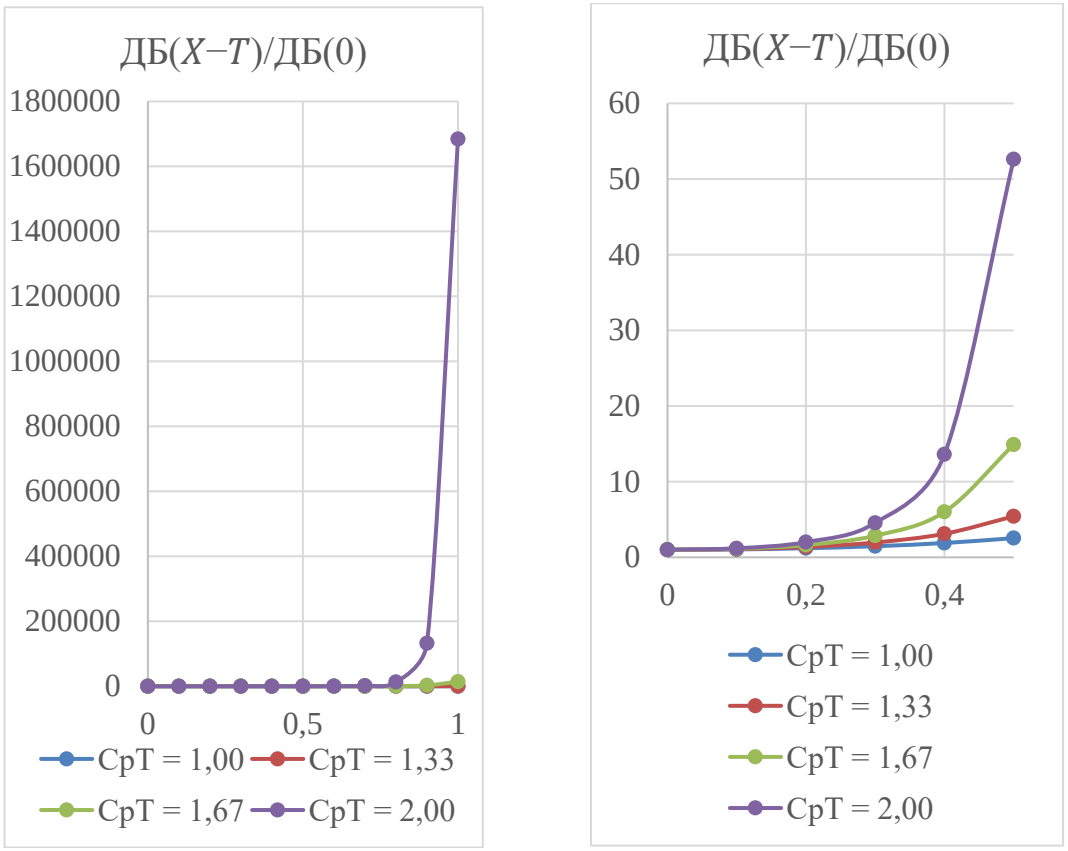


Рис. 3. Зависимость отношения ДБ$\left(\bar{X}-T\right)$ к ДБ(0) от смещения среднего относительно целевого значения процесса

Для проведения анализа были рассчитаны условные доли брака для процессов с ИВП по Тагути равными 1,00, 1,33, 1,67 и 2,00, при смещениях от 0 до 3σ с шагом 0,5σ. Затем для полученных значений были рассчитаны классические ИВП C_{pk}, которые соответствуют той или иной доле брака. Эти данные помогут определить оптимальные параметры процесса и максимально снизить уровень брака.

Для C_p и C_{pk} существуют следующие общепринятые правила:

- C_{pk} меньше 1,00: процесс неудовлетворителен, требуются срочные корректировки илучшения.

- C_{pk} в диапазоне от 1,00 до 1,33: процесс приемлем, но существует потенциал для его оптимизации и улучшения.

- C_{pk} больше 1,33: процесс удовлетворителен, показывает удовлетворительные результаты и не требует срочных корректировок.

В таблицах 1 и 2 неудовлетворительные, приемлемые и удовлетворительные ДБ обозначены красным, желтым и зеленым цветами соответственно.

Таблица 1

Значения условных долей брака для различных значений ИВП по Тагути

C_{pT}	ДБ при X-T						
	0σ	0,5σ	1σ	1,5σ	2σ	2,5σ	3σ
1,00	2700 ppm	5626 ppm	11032 ppm	15145 ppm	17670 ppm	19198 ppm	20157 ppm
1,33	63 ppm	195 ppm	497 ppm	768 ppm	950 ppm	1065 ppm	1140 ppm
1,67	1 ppm	3 ppm	9 ppm	15 ppm	20 ppm	23 ppm	25 ppm
2,00	2 ppb	14 ppb	60 ppb	118 ppb	165 ppb	197 ppb	219 ppb

Таблица 2

Значения C_{pk}, соответствующие значениям ДБ при разных смещениях среднего значения от целевого

C_{pT}	C_{pk} при X-T						
	0σ	0,5σ	1σ	1,5σ	2σ	2,5σ	3σ
1,00	1,00	0,85	0,76	0,72	0,70	0,69	0,68
1,33	1,33	1,18	1,10	1,06	1,04	1,02	1,02
1,67	1,67	1,52	1,43	1,39	1,37	1,36	1,35
2,00	2,00	1,85	1,76	1,72	1,70	1,69	1,68

В ходе работы построена математическая модель и сопоставлены значения условных долей брака. Показано, что смещение среднего значения относительно целевого при одинаковом разбросе более существенно влияет на условную долю брака. И для достижения нашей промежуточной цели рассчитаны значения ИВП по Тагути с учётом смещений среднего значения от целевого. Глобальной же целью научной работы служит однозначная интерпретация ИВП по Тагути для любых возможных случаев, в том числе и в качестве комплексного показателя качества процессов. Для интерпретации значений ИВП по Тагути для любых процессов в рамках научной работы планируется исследование индексов воспроизводимости по Тагути для различных законов распределений.

Список литературы

1. Адлер Ю.П., Шпер В.Л. Практическое руководство по статистическому управлению процессами. – М.: Альпина Паблишер, 2019. – 234 с.

2. Смелов В.Ю., Шпер В.Л. и др. Шухарт + Тагути vs контроль допусков: два подхода к оценке качества // Стандарты и качество. 2022. № 8. С. 107–109.

3. Леон Р., Шумейкер А., Тагути Г. и др. Управление качеством. Робастное проектирование. Метод Тагути. «СЕЙФИ» 2002. – 384 с.

4. Адлер Ю.П. Методы Тагути: технология качества // Методы менеджмента качества. 2020. № 9. С. 22–25; № 10. С. 30–35; № 12. С. 38–43.

5. Kotz S., Johnson N.L. (1993). Process Capability Indices. – Chapman & Hall, London, Glasgow, New York, Tokyo, Melbourne, Madras. – 212 P.

Красова А.В.
аспирант
НГАСУ (Сибстрин)
Россия, Новосибирск
Krasova1981@mail.ry
Научный руководитель: ***Смирнова О.Е.***
к.т.н., доцент, заведующая кафедрой
НГАСУ (Сибстрин)
Россия, Новосибирск
Smirnova.olj@yandex.ru

АНАЛИЗ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГАЗОБЕТОНА МЕТОДОМ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Аннотация. Одним из основных направлений развития строительного комплекса в сибирских регионах является обеспечение повышенных требований к энергосбережению, экологической безопасности и комфортности жилых и общественных зданий. На решение данных задач направлено использование высокоэффективного строительного материалов как неавтоклавный ячеистый бетон, в виду их экологической безопасности, высокой теплоизоляционной способности и пониженной энергоемкости в сравнении с автоклавными. Низкая масса и высокая пористость таких материалов позволяют применять их в качестве стеновых теплоизоляционных материалов.

В статье описан процесс выявления основных характеристик неавтоклавного газобетона и расчет его коэффициентов значимости на основе экспертных оценок. В дальнейшем полученные результаты могут быть использованы при производстве теплоизоляционных материалов и применении их в строительстве.

Ключевые слова: ячеистый бетон, газобетон, качественные показатели, экспертная оценка.

Krasova A.
Postgraduate Student
Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin)
Russia, Novosibirsk
Krasova1981@mail.ry
Scientific Advisor: ***Smirnova O.***
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Head of the Department
Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin)
Russia, Novosibirsk
Smirnova.olj@yandex.ru

ANALYSIS OF THE QUALITATIVE INDICATORS OF AERATED CONCRETE BY THE METHOD OF EXPERT ASSESSMENTS

Abstract. One of the main directions of the development of the construction complex in the Siberian regions is to ensure increased requirements for energy conservation, environmental safety and comfort of residential and public buildings. The use of highly efficient building materials such as non-autoclave cellular concrete is aimed at solving these problems, due to their

environmental safety, high thermal insulation ability and reduced energy consumption in comparison with autoclave ones. The low weight and high porosity of such materials allow them to be used as wall insulation materials.

The article describes the process of identifying the main characteristics of non-autoclaved aerated concrete and calculating its significance coefficients based on expert assessments. In the future, the results obtained can be used in the production of thermal insulation materials and their application in construction.

Keywords: cellular concrete, aerated concrete, qualitative indicators, expert assessment.

Выявлено, что самой ресурсоёмкой категорией в мире является жильё и инфраструктура (38 млрд т/г). На здания приходится около 1/3 всех потребляемых в мире материалов и 40% выбросов CO_2 из-за их неэффективного энергообслуживания [1].

В последние годы в России, интенсивно развивается производство неавтоклавных газобетонов. Газобетон является энергосберегающим строительным материалом не только в плане эксплуатации зданий, но и в процессе производства значительно экономится энергопотребление, связанное с отсутствием автоклавной обработкой изделий и помола песка. Анализ качества показателей данного вида строительного материала не является исключением и играет немаловажное значение.

Методология исследования и обработка результатов

Метода экспертных оценок заключается в следующем:

Первая (эвристическая) часть метода: для решения конкретной задачи эксперты на основе своего опыта и интуиции предлагают мероприятия с частными оценками их эффективности (или оценивают выполненные мероприятия).

Вторая (математическая) часть метода: частные оценки обрабатывают методами математической статистики, в результате чего получают более удобные для практического использования обобщенные оценки [2].

На основании анализа литературных источников [3–8] был составлен перечень показателей, определяющих выбор теплоизоляционного бетона – таблица 1. Далее для уточнения перечня был проведен экспертный опрос. Этот метод позволяет выявить мнение специалистов по исследуемой проблеме, выполнить ранжирование каких-либо признаков и определить степень важности. Недостатком метода считается отсутствие гарантий в достоверности оценок. Эта проблема решается путем проверки согласованности мнений экспертов. Все существующие способы определения достоверности экспертных оценок основаны на предположении, что в случае согласности действий экспертов достоверность оценок гарантируется.

Таблица 1

Перечень показателей

№ п/п	Показатели, определяющие качество и выбор теплоизоляционного материала	Ед. измерения	Описание показателя
	Плотность	г/см^3	Плотность газобетона характеризуется маркой плотности
	Прочность на сжатие	МПа	Прочность газобетона характеризуется классом прочности на сжатие
	Теплопроводность	Вт/(м* К)	Уменьшение количества тепла, уходящего наружу
	Огнестойкость	-	- несгораемый -трудно сгораемый
	Звукоизоляция	дБ	Уменьшение воздействия как ударного, так и воздушного шума, проникающего в помещение
	Тип заполнителя и наличие различных добавок, %	%	Замена песка на осадок поверхностных сточных вод обеззараженный каустической содой
	Цена	Руб.	От 5500 до 6300 руб/ м^3

В опросе приняли участие работники строительных организаций (руководители, инженеры, рабочие). Всего привлечено 7 экспертов. Оценку степени значимости параметров эксперты производят путем присвоения им рангового номера. Фактору, которому эксперт дает наивысшую оценку, присваивается ранг 1. Если эксперт признает несколько факторов равнозначными, то им присваивается одинаковый ранговый номер. Сводные результаты опроса представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сводные результаты экспертного опроса

№п/п/ эксперты	1	2	3	4	5	6	7
	7	7	6	7	2	4	3
	2	2	5	6	5	5	7
	1	1	2	5	7	2	2
	6	6	7	3	4	6	5
	3	4	3	1	1	3	6
	5	3	4	4	6	7	1
	4	5	1	2	3	1	4

Оценка согласованности мнений экспертов была произведена с использованием коэффициента конкордации Кендела и критерия Пирсона (1). Для расчетов показателей составлена матрица рангов, результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3

Матрица рангов

Факторы/ эксперты	Оценка эксперта							Сумма рангов	*d*	d^2
	1	2	3	4	5	6	7			
x_1	7	7	6	7	2	4	3	36	8	64
x_2	2	2	5	6	5	5	7	32	4	16
x_3	1	1	2	5	7	2	2	20	-8	64
x_4	6	6	7	3	4	6	5	37	9	81
x_5	3	4	3	1	1	3	6	21	-7	49
x_6	5	3	4	4	6	7	1	30	2	4
x_7	4	5	1	2	3	1	4	20	-8	64
Σ	28	28	28	28	28	28	28	196	-	342

$$d = \sum x_{ij} - \sum \cdot \sum \frac{x_{ij}}{y} \quad . \tag{1}$$

Делаем проверку правильности составления матрицы на основе исчисления контрольной суммы по формуле (2)

$$\sum x_{ij} = \frac{(1+n)n}{2} \quad . \tag{2}$$

Суммы по столбцам матрицы равны между собой и контрольной сумме, значит, матрица составлена правильно.

Проводим анализ значимости исследуемых факторов.

В данном примере факторы по значимости распределились следующим образом (таблица 4).

Таблица 4

Расположение факторов по значимости

Фактор	x_3	x_7	x_5	x_6	x_2	x_1	x_4
Сумма	20	20	21	30	32	36	37

Проводим оценку средней степени согласованности мнений всех экспертов. Рассчитываем коэффициент конкордации по формуле (3).

$$W = \frac{12S}{n^2\left(m^3 - m\right)} \tag{3}$$

где S – сумма квадратов отклонений всех оценок рангов каждого объекта экспертизы от среднего значения, $S = 342$; $n = 7$, $m = 7$;

$$W = \frac{12 \cdot 342}{7^2\left(7^3 - 7\right)} = 0,249 \ .$$

Коэффициент конкордации изменяется в диапазоне $0 < W < 1$, причем 0 – полная несогласованность, 1 – полное единодушие. $W = 0,249$ говорит о наличии слабой степени согласованности мнений экспертов.

Оценка значимости коэффициента конкордации определяется критерием согласования Пирсона по формуле (4).

$\chi^2_{\text{табл}} = 12,6$. ($P = 0,05$; степень свободы: m-1=7-1=6)

$$\chi^2 = W \cdot n \cdot \left(m - 1\right) = 0,249 \cdot 7 \cdot \left(7 - 1\right) = 10,458 \ . \qquad (4)$$

$\chi^2 < \chi^2_{\text{табл}}$. , значит степень согласованности экспертов не вызывает сомнения и вероятность неправильного суждения экспертов мала.

На основе получения суммы рангов в соответствии с таблицей 4 можно вычислить показатели весомости рассмотренных параметров. Матрицу опроса преобразуем ватрицу преобразованных рангов по формуле (5) и приведены в таблице 5.

$$s_{ij} = x_{\max} - x_{ij} \qquad (5)$$

где $x_{\max}$=7.

Таблица 5

Матрица преобразования рангов

№п/п/ эксперты	1	2	3	4	5	6	7	Σ	Вес λ
			1	0	5	3	4	13	0,089
	5	5	2	1	2	2	0	17	0,116
	6	6	5	2	0	5	5	29	0,197
	1	1	0	4	3	1	2	12	0,082
	4	3	4	6	6	4	1	28	0,190
	2	4	3	3	1	0	6	19	0,129
			6	5	4	6	3	29	0,197
Иго								147	1

По проведённым исследованиям выявлено 7 показателей, по которым можно провести оценку качества газобетона: плотность, прочность на сжатие, теплопроводность, огнестойкость, звукоизоляция, тип заполнителя и наличие различных добавок, цена. Для каждого показателя рассчитан коэффициент весомости на основе ранжирования показателей, предоставленных экспертами. Самыми значимыми показателями являются теплопроводность, цена и звукоизоляция.

Коэффициент конкордации и критерий Пирсона свидетельствуют о низкой согласованности мнений экспертов, поэтому полученные показатели могут быть использованы в дальнейшем, но исследование данного вопроса требует дополнительного изучения.

Список литературы

1. Хозин В.Г. Роль строительной индустрии в реализации Федерального проекта «Экономика замкнутого цикла»/ В.Г. Хозин, Е.А. Цыганова// Эксперт: теория и практика. – 2023. – № 1(20). – С. 147-159.
2. Ефименко А. З., Рыбинкина Ю. М. Исследование приемов повышения качества ячеистых бетонов методом экспертных оценок // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – № 4. – С. 23–25.
3. Патент RU № 2278848 C1. Теплоизоляционный бетон./ Л.Б. Сватовская, В.Я. Соловьёва, Е.В. Русанова, А.М. Сычёва, А.В. Хитров, Т.С. Титова. Опубл. 27.06.2006, Бюл. №18.
4. Патент RU 2 134 250 C1 Способ получения неавтоклавного зольного ячеистого бетона./ Белов В.В., Ильмер Е.И., Карцева В.В. Опубл.10.08.1999
5. Патент RU 2738072 C1. Сырьевая смесь для производства лёгкого золобетона./ Ю.Д. Смирнов, М.В. Сучкова, И.П. Сверчков, В.А. Матвеева. Опубл. 07.12.2020, Бюл. №34.
6. Патент RU 2 303 584 C1 Способ изготовления изделий из неавтоклавного ячеистого золобетона./ Пятаев А.В., Пшонкин Н.Г. Опубл. 27.07.2007 Бюл. № 21
7. Патент RU 2278848 C1. Теплоизоляционный бетон./ Л.Б. Сватовская, В.Я. Соловьёва, Е.В. Русанова, А.М. Сычёва, А.В. Хитров, Т.С. Титова. Опубл. 27.06.2006, Бюл. №18.
8. Патент RU 2306300 C1. Смесь для пенобетона./ Л.Б. Сватовская, В.Я. Соловьёва, В.А. Чернаков, В.Н. Сурков, Д.В. Соловьёв. Опубл. 20.09.2007, Бюл. №26.
9. Красова А.В., Смирнова О.Е. Безопасность техногенных отходов в производстве строительных материалов// Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: М.Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2023. – 540 с., С. 276-277.
10. Красова А.В. Исследование физико-химических свойств осадка ливневых сточных вод для применения в производстве лёгкого бетона/ А.В. Красова, О.Е. Смирнова, С.А. Шахов// Эксперт: теория и практика. – 2023. – № 3(22). – С. 93-97.

Кучаева Е.А.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
lizakuchaeva00@gmail.com
Адылина А.П.
к.т.н., доцент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
dmitr1eva@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА КАЧЕСТВО ДЕТАЛЕЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ SLM-МЕТОДОМ

Аннотация. Термическая обработка металлов – это основа всей металлообрабатывающей промышленности. Именно эта отрасль позволяет создавать различные сплавы с уникальной структурой и физическими свойствами. Термическая обработка оказывает прямое влияние на качество деталей. Наибольшее распространение в последние годы получила технология Selective Laser Melting (SLM) за счет возможности изготовления сложнопрофильных изделий по компьютерной модели.

Ключевые слова: термическая обработка металлов, SLM, качество деталей.

Kuchaeva E.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia Moscow
lizakuchaeva00@gmail.com
Adylina A.P.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
dmitr1eva@mail.ru

INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON THE QUALITY OF PARTS MANUFACTURED BY THE SLM METHOD

Abstract. The heat treatment of metals is the basis of the entire metalworking industry. It is this industry that makes it possible to create various alloys with unique structure and physical properties. Heat treatment has a direct impact on the quality of parts. Selective Laser Melting (SLM) technology has become the most widespread in recent years due to the possibility of manufacturing complex profile products according to a computer model.

Keywords: heat treatment of metals, SLM, part quality.

Под термином термической обработки металлов понимают процесс изменения структуры стали и металлических сплавов за счет воздействия на них температуры.

Термообработке могут подвергаться цветные металлы, сплавы или сталь различной категории. В зависимости от выбранного режима нагрева,

вида термической обработки и температуры охлаждения можно получить абсолютно уникальную структуру и свойства материала.

Термообработка металлических изделий подразделяется на несколько видов:

1. Отжиг
2. Закалка
3. Нормализация
4. Отпуск
5. Термообработка сварных швов

Обработка металла под воздействием высокой температуры позволяет добиться более высокой прочности на поверхности изделия, а также размягчает металл при деформации. Индукционная установка отлично подходит для термообработки стали.

Отжиг – это один из видов высокотемпературной обработки металлического изделия, подразумевающий нагрев металла, а затем медленное охлаждение. Отжиг также подразделяется на несколько видов в зависимости от температуры, до которой будет нагреваться изделие, а также процесса охлаждения изделия.

Другим видом термической обработки является закалка – это вид высокотемпературной обработки металла, который основывается на перекристаллизации стали при ее нагреве до температуры, которая несколько выше критической. После выдержки изделия в тепловой среде, оно проходит процесс охлаждения.

Чаще всего закалка производится в отношении изделий, требующих высокой прочности. Металл, прошедший закалку, становится более прочным на поверхности, но сохраняет вязкость внутри. В некоторых случаях закалка может сделать изделие наоборот очень вязким, например, если очень быстро охладить его – это производится для деформации металла.

Отпуск – это еще один вид высокотемпературной обработки стали, позволяющий уменьшить остаточное напряжение металла после закалки, повышая вязкость изделия и уменьшая хрупкость металла. Отпуск стали позволяет смягчить эффект закалки.

Производится отпуск при помощи нагрева металлического изделия, закаленного на мартенсит. Во время отпуска, зависимо от температуры нагрева, есть возможность получения состояния мартенсита, сорбита или троостита.

Отпуск может быть низким, средним или высоким – его уровень полностью зависит от температуры, до которой будет нагреваться изделие.

Нормализация – это вид термообработки металла, проводящийся преимущественно по окончании обработки изделия для его финального нагрева и выравнивания напряжения по всей поверхности.После нормализации сталь, содержащая более 0,4% углерода, становится более прочной. На практике данный вид стали обрабатывают при помощи нормализации, а затем

применяют отпуск в диапазоне температур 650-700°С, чтобы немного понизить уровень плотности.

Всем видам термической обработки можно подвергать только те жаропрочные сплавы, которые имеют фазовые превращения. К остальным применимы только отжиг 1-го рода и химико-термическая обработка [1].

Дефекты, возникающие при термической обработке стали, принято подразделять на два вида: обратимые и необратимые. В первом случае, их можно «снять» дополнительной тепловой обработкой заготовки, во втором – изделие является браком, и далее подлежит переплавке.

К первой группе относится перегрев – нагрев стали до температуры выше 1250…11000С (меньшие значения – для сталей с повышенным содержанием углерода). Дефект усугубляется, если к тому же увеличить время выдержки заготовки при таких температурах. В перегретом металле начинается интенсивный рост зерен, сопровождающийся неблагоприятным изменением их формы. У высокоуглеродистых сталей на фоне такой структуры дополнительно появляются грубые игольчатые формы цементита Fe3C. В результате механические свойства стали резко падают, причем особенно интенсивно у перегретого изделия уменьшаются показатели ударной вязкости. Такие заготовки разрушаются при попытке любой механической их обработки (а также обработки давлением со сколькими-нибудь значительными степенями деформаций).

Перегрев стали можно устранить. Для этого применяют отжиг до температур, на 40…600С превышающих температуру начала аустенитного превращения. После некоторой выдержки заготовки медленно охлаждают вместе с печью. В теплое время года возможно охлаждение на спокойном воздухе (без сквозняков и искусственных воздушных потоков). В результате зерна становятся мельче, приобретают округлую форму, а металлу возвращаются его прежние физико-механические характеристики.

Необратимым дефектом термообработки является пережог. Он возникает при нагреве стали до температур ниже температуры начала плавления на 50…1000С. При таких температурах неметаллические включения в стали, располагающиеся всегда по границам зёрен – сера и фосфор – плавятся. Этому сопутствует также интенсивное окисление, которое проходит по границам зерен. Пережженный металл полностью теряет свою пластичность, следствием чего является появление рваных трещин при последующей ковке или прокатке. Восстановить исходную структуру такой стали невозможно.

Наиболее распространенными дефектами термической обработки являются дефекты, вызванные несоблюдением или несовершенством режимов нагрева или охлаждения.

Дефекты при отжиге и нормализации. В процессе отжига и нормализации могут возникнуть следующие дефекты: окисление, обезуглероживание, перегрев и пережог металла.

При нагреве в пламенных печах поверхность стальных деталей взаимодействует с печными газами. В результате металл окисляется и на деталях образуется окалина – химическое соединение металла с кислородом. С повышением температуры и увеличением времени выдержки окисление резко возрастает. Образование окалины не только вызывает угар (потерю) металла на окалину, но и повреждает поверхность деталей. Поверхность стали под окалиной получается разъеденной и неровной, что затрудняет обработку металла режущим инструментом.

Обезуглероживание, т. е. выгорание углерода с поверхности деталей, происходит при окислении стали. Обезуглероживание резко снижает прочностные свойства конструкционной стали. Кроме того, обезуглероживание поверхности может вызвать образование закалочных трещин и коробление (поводку детали).

При нагреве стали выше определенных температур и длительных выдержках в ней происходит быстрый рост зерен, ведущий к возникновению крупнокристаллической структуры. Это явление называют перегревом. Перегрев ведет к понижению пластических свойств стали. В перегретой стали при закалке образуются трещины.

Пережог получается в результате длительного пребывания металла в печи при высокой температуре, близкой к температуре плавления. Физическая сущность пережога состоит в том, что кислород из окружающей атмосферы при высокой температуре проникает в глубь нагреваемого металла и окисляет границы зерен. В результате окисления границ зерен механическая связь между зернами ослабевает, металл теряет пластичность и становится хрупким, что при последующей обработке может привести к образованию трещин.

Дефекты при закалке. В процессе нагрева под закалку и при закалке могут появляться следующие дефекты: трещины, деформация и коробление, обезуглероживание, мягкие пятна.

Трещины – основные дефекты, возникающие при закалке стали. Трещины могут быть внутренние или наружные.

Трещины образуются, когда внутренние растягивающее напряжения, возникающие в результате мартенситного превращения, превышают сопротивление стали разрушению. Трещины образуются при температурах ниже точки $M_в$, чаще после охлаждения. Склонность к образованию трещин возрастает с увеличением в стали содержания углерода, повышением температуры закалки и увеличением скорости охлаждения в температурном интервале мартенситного превращения.

Другой причиной образования трещин является наличие в изделии концентратов напряжений (резкое изменение сечения изделия или местные вырезки, углубления, выступы и т.д.).

Закалочные трещины – это неисправимый брак, образующийся в процессе термической обработки. Они являются следствием возникновения больших внутренних напряжений. Трещины возникают при неправильном

нагреве (перегреве) и большой скорости охлаждения в деталях, конструкция которых имеет резкие переходы поверхностей, грубые риски, оставшиеся после механической обработки, острые углы, тонкие стенки и т д. Закалочные трещины, обычно расположенные в углах деталей или инструмента, имеют дугообразный или извилистый вид.

Деформация и коробление деталей происходят в результате неравномерных структурных и связанных с ними объемных превращений, обусловливающих возникновение внутренних напряжений в металле при нагреве и охлаждении.

Мягкие пятна – это участки на поверхности детали или инструмента с пониженной твердостью. Такие дефекты образуются при закалке в процессе охлаждения в закалочной среде, когда на поверхности детали имелась окалина, следы загрязнений и участки с обезуглероженной поверхностью [3].

Кроме технологических свойств материалов, используемых в технологии SLM, на качество конечных изделий влияет большое число параметров самого процесса лазерного плавления. К ним относятся мощность лазера, распределение энергии в лазерном пятне, скорость и траектория сканирования лазерного луча, расстояние между дорожками сканирования, толщина слоя порошкового материала, предварительный подогрев платформы, тип защитного газа [2,3].

Список литературы

1. Довбыш В. М., Забеднев П. В., Зеленко М. А. Аддитивные технологии и изделия из металла. Библиотечка литейщика. № 8–9. 2014.
2. Колчанов Д.С., Дренин А.А., Денежкин А.О., Шустова Л.А., Сафиуллин С.Р. Особенности процесса селективного лазерного плавления из конструкционной стали 28Х3СНМВФА // Известия вузов. Машиностроение. 2022. №10 (751). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-protsessa-selektivnogo-lazernogo-plavleniya-iz-konstruktsionnoy-stali-28h3snmvfa (дата обращения: 04.05.2024).
3. Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. – 3-е изд., перераб. и доп. –М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.
4. Попкова И.С., Золоторевский В.С., Солонин А.Н. Производство изделий из алюминия и его сплавов методом селективного лазерного плавления // Технология легких сплавов. 2015. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/proizvodstvo-izdeliy-iz-alyuminiya-i-ego-splavov-metodom-selektivnogo-lazernogo-plavleniya (дата обращения: 04.05.2024).

Tran Van Chien
Masters
Aiot system joint stock company
Vietnam, Hanoi City
tvchien2016@gmail.com
To Manh Hung
Trainee
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
manhhungxm@gmail.com
Adylina A.P.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
dmitr1eva@mail.ru

TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE ELECTROCHEMICAL METHOD AFFECTING THE MACHINING OF THE INSIDE SPIRAL GROOVE OF THE CYLINDER TUBE

Abstract. This article presents the study of calculating technological parameters in the process of machining parts by electrochemical methods. In the article, mathematical models of the machining process are built, technological parameters are determined, their correlation, and the influence of the parameters on the machining process. From there, select the appropriate set of parameters to serve the processing and manufacturing of mechanical parts, especially the machining of spiral grooves for the inner holes of cylindrical parts. The research has provided a set of suitable parameters to create a complete electrochemical machining system from tools, equipment, solutions..., applied to the detailed manufacturing of parts. Fast, convenient and high quality.

Keywordы: Electrochemistry, technology, parameters, spiral grooves.

Introduction

The technology of machining spiral grooves for inner holes of cylindrical parts by electrochemical method has been applied for a long time and is very effective in many places. Spiral grooves for internal holes in cylindrical parts commonly found in weapons; Researching this manufacturing technology to ensure high quality and productivity is essential. In spiral groove machining, mechanical cutting technology is currently used – a classic technology with the disadvantage of low productivity, using many cutting tools, the machining process often breaks the tools, so it is very expensive. and the accuracy along the length of the spiral groove is not high. Researching spiral groove machining technology using electrochemical methods will lead to high productivity and low cost because only one cathode is used to process many times while still providing quite high accuracy and easy automation. The groove surface after machining achieves high gloss and precision, no need to re-process using grinding or polishing technologies. In the machining process, there are many influencing parameters, so it is necessary to

research and properly select those parameters to achieve the best quality in machining and manufactured products that meet the set requirements.

The parameters that ensure working conditions are [4, 5]:

- Current in the gap between the electrodes;
- Potential at cathode and anode;
- Solution temperature at the inlet and outlet of the gap between the electrodes;
- Flow rate of the solution in the gap between the electrodes;
- Solution pump pressure;
- The taper of the working part of the electrode cathode;

Numerical parameters of electrochemical processing technology
Method description

Electrochemical spiral groove machining is a method in which metal is removed from the surface of the barrel of a gun, cannon or the like to form periodically spaced spiral grooves by electrochemical action. In this process, a flow passes from the barrel through the electrolyte liquid to the spiral groove electrode assembly mounted coaxially in the barrel and causes material from the barrel's inner surface to be selectively removed [1].

In the former technique, current is generated by a rectifier with the positive terminal connected to the barrel (anode) and the negative terminal electrically connected to the electrode assembly (cathode) arranged at one end of the tube. torsion bar.The cathode is installed into the handle with a thread, and the handle is installed with an actuator. The shaping movement is carried out by means of transmission rolling. The solution is pumped through the cathode to the cathode and returned to the storage tank. The cathode is connected to the negative pole, the barrel is connected to the positive pole of the power source. When pumping the solution and turning on the power source, electrochemical corrosion will occur. The barrel acts as an anode and will corrode according to the shape of the cathode.

The final result of the electrochemical machining process is the part shape represented in a coordinate system relative to the cathode (Fig.). In non-stop machining mode, the part shape is represented by the function $Z = f_a(x, y, \varepsilon)$ and in static machining mode, $Z = f_a(x, y)$. The function $Z = f_a(x, y)$ as we know depends on a series of technological parameters $Z = F(U, V_K, Q, \chi, C_э, T, \vartheta, \text{pH})$. Here: U: Voltage difference; V_K: Catode displacement speed; Q: Solution flow; χ: Electrical conductivity of the $s a_o = \dfrac{\eta E\left[U - (\varphi_a - \varphi_k)\right]k}{V_k \cos\alpha}$ olution; $C_э$: Electrochemical equivalent of metal; T: Solution temperature; ϑ: Viscosity of solution [6, 7, 8, 9].

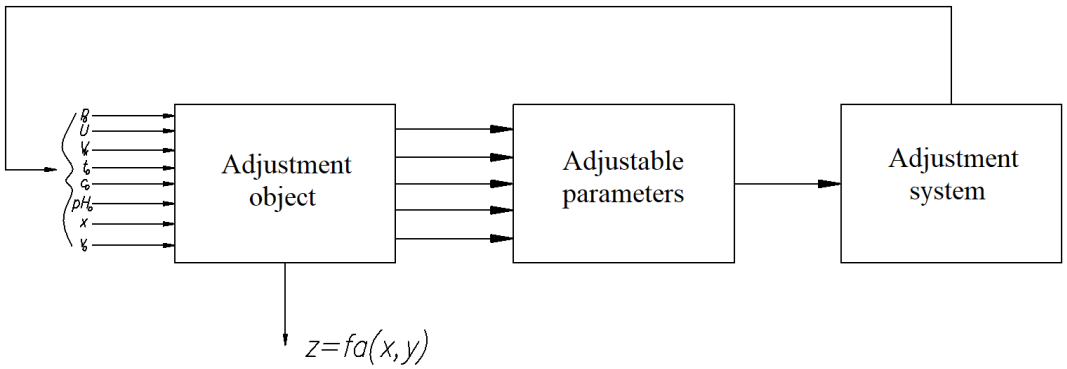


Fig. Block diagram of electrochemical process calibration

The electroforming process is a self-controlled process, which means that when changing some machining conditions (machining surface area, hydrodynamics of solution flow, machining voltage), dissolution occurs. The electrochemistry of metals does not stop. These changes are reflected mainly in the quantity of the gap between the electrodes, which in turn is the productivity of the process and the forming accuracy of the base surfaces. High productivity and precision can be achieved when the gap between the electrodes is minimal. Calibrate the electric lock process according to the block diagram in Figure 1.We will consider the basic technological parameters of electrochemical machining from the point of view of the possibility and reasonableness of using them to calibrate the gap quantity between the electrodes.

According to [2, 3, 10], the change in the distance between the electrodes a on the basal plane of separation df, in the time interval dt, is equal to the time during which the working device moves the distance dx, direction submit:

$$a = a0 + E\ .I.\ dt/df - X\ .\tan Alf \quad (1)$$

Heating of the electrolyte due to heat loss during the electrode reaction equation:

$$dtk = U.\ I\ /\ (B.\ a.\ Ce\ .Ple) \quad (2)$$

Pressure change along the length of the forming surface of the working equipment, equation:

$$dp = Kdp\ [\ Q/\ (B\ .a)]\ dx\ /\ a \quad (3)$$

The size of the gap between the electrodes in the first approximation can be determined by applying the following equation:

$$a_o = \frac{\eta E\left[U - (\varphi_a - \varphi_k)\right]k}{V_k \cos\alpha} \quad (4)$$

Here: η – Current efficiency; E – Electrochemical equivalent volume; U – Voltage; φ_a, φ_k – Reaction potential on the electrodes; Normally

($\varphi_a - \varphi_k$) = 1.5−2.5V; k – Electrical conductivity of the electrolyte; V_k – Movement speed of cathode; α – Twist angle.

Effect of gap between electrodes

Reducing the size between the electrodes increases the electromagnetic field voltage that affects the current density and corresponds to the anode dissolution rate, which leads to the formation of gas and slag, easily causing the phenomenon of passivates and expels electrochemical products. As the gap size increases, the fillet radius at the base of the groove increases, thereby reducing the dimensional accuracy of the spiral groove. In practice, the gap value is selected based on the existing machining conditions, especially the pump pressure through tests [2, 3]. Based on preliminary calculations and processing conditions, conduct testing with gap values between electrodes of 0.45; 0.65 and 0.8 mm. Other electrochemical parameters: Pump pressure: P = 15 at; Solution density: d = 1.08; Solution temperature: T= 34 ^{0}C; Cathode displacement speed: V= 10 mm/min; Working length of cathode: l = 10 mm. The test results are presented in table 1.

Table 1

Effect of gap between electrodes

TT	Gap between electrodes (mm)	Voltage (V)	Current (A)	Groove foot size (mm)	Roughness (Go out)	Note
first	0.45	12.5	155	38.42		Surface is not clean
2	0.65	12.5	145	38.16	0.8	
3	0.8	12.5	130	37.89	1.25	

Influence of the length of the working part of the cathode – electrode

The length of the working part of the cathode affects the productivity of the machining process. For spiral groove machining, the length must be chosen appropriately to ensure both productivity and surface quality. If the length is chosen too large, it will lead to errors in the spiral groove shape and affect the ejection of electrochemical products from the working surface of the cathode.

To study the effect of the working length of the cathode, fractionation tests were performed on the test samples. The test was conducted with the working length of the cathode being 10, 15, 20, 30 mm respectively. During the test, other electrochemical parameters remain unchanged, only the corrosion current intensity is changed [2, 3]. Parameters remained constant during the test: Gap between electrodes: z = 0.65 mm; Pump pressure: P = 15 at; Solution density: 1.08; Solution temperature: T = 29^{0}C; Cathode displacement speed: V = 10 mm/min. The results are presented in table 2.

Table 2

Influence of the length of the working part of the cathode – electrode

TT	Length of working part of cathode (mm)	Current (A)	Groove foot size (mm)	Roughness (Go out)	Note
first	ten	140	37.65	0.63	
2	15	140	37.83	0.8	
3	20	140	38.1	0.8	
4	30	140	38.5	1.25	The twisted spine is dented
5	ten	160	37.8	0.63	
6	15	160	38.08	0.8	
7	20	160	38.20	first	
8	30	160	38.62	-	There is a phenomenon of passivation

Effect of cathode displacement speed

According to [8,9,10], the cathode displacement rate over time during the cutting process can be determined by applying the equation.

$$Vk = \frac{l_p \eta EUx}{\gamma_m (h_0 + z/2)z} \tag{5}$$

In which: l_p – Forming length of cathode;E – Efficiency according to current; Ux –Voltage drop on the electrodes;γ_m – Density of barrel metal; h_0 – Distance between initial electrodes; z – Allowable error; x – Electrical conductivity of the electrolyte solution.

The volumetric rate of dissolution of anodic metal can be determined by the following equation:

$$Vp = \frac{EUx}{\gamma_m \rho l_e} \sqrt{\rho^2 + [\frac{d\rho}{d\varphi}]^2} \tag{6}$$

Here: ρ – Metal yield vector radius; φ – twist angle

Starting from the stable machining mode condition $Vp - Vk = 0$

Boundary conditions $Da = 0$, $Da = UX/le$.

Get the equation:

$$\frac{l_p \eta EUx}{\gamma_m (h_0 + z/2)z} = \frac{EUx}{\gamma_m \rho l_e} \sqrt{\rho^2 + [\frac{d\rho}{d\varphi}]^2} \tag{7}$$

Based on theoretical research, experimental research has been conducted to determine the influence of cathode displacement speed on the productivity and quality of the electrochemical process. Parameters remained constant during the test: Gap between electrodes: z = 0.65 mm; Pump pressure: P = 15at; Solution density: 1.08; Solution temperature: T= 30^0C; Working length of cathode: l = 20 mm. The experimental results are presented in Table 3.

Table 3

Effect of cathode displacement speed

TT	Distance from front face of sample (mm)	Current (A)	Movement speed (mm/min)	Size achieved (mm)	Roughness (Go out)
	Model number 1				
first	0-200	140	4.5	39.02	0.63
2	200-400	140	6.0	38.66	0.63
3	400-600	140	8.5	38.23	0.8
4	600-800	140	12.0	38.05	first
	Model number 2				
5	0-200	135	4.5	38.98	0.63
6	200-400	135	6	38.85	0.63
7	400-600	135	8.5	38.14	0.8
8	600-800	135	twelfth	37.89	first

Effects of some additives in electrochemical solutions

Additives in electrolytic solutions are often divided into two groups: The first group has the effect of cleaning the surface of parts as well as the cathode surface. These additives, when added to the solution, will increase the surface activity of electrochemical products, making these products easily pushed out of the corrosion area without sticking to the surface. $NaNO_2$ is often used. in small proportion to clean the surface. The second group has the effect of dissolving electrochemical products to make it easier to push electrochemical products out of the machining area. Commonly used is boric acid H_3BrO_3. After consulting foreign documents, the effects of these additives were tested. Electrochemical parameters remained constant during the test: Gap between electrodes: $z = 0.5$ mm; Pump pressure: $P = 25$at; Solution temperature: $T = 30\ ^0$C; Cathode displacement speed: $V = 10$ mm/min; Current: 160 A; Voltage: 12.5 V. Test results are presented in table 4.

Table 4

Effects of some additives in electrochemical solutions

TT	Solution	Cathode surface	Roughness (Go out)
first	15% NaCl	There is a phenomenon of electrochemical product adhesion	1.25
2	15%NaCl + 0.2% $NaNO_2$	Bright surface, free from electrochemical products	1.0
3	15%NaCl + 0.2% $NaNO_2$ + 0.1% H3BrO3	Bright surface, free from electrochemical products	1.0
4	15%NaCl + 0.2% $NaNO_2$ + 0.2% H_3BrO_3	Bright surface, free from electrochemical products	0.8

Influence of pressure and flow

To accelerate the electrochemical products and heat release, it is necessary to increase the solution pumping speed. However, this will be difficult because it entails increased hydraulic power in the space between the electrodes and gas cavitation. The cavitation phenomenon will appear in the gap where the pressure in the liquid is less than the elasticity of the saturated vapor of the liquid. The elasticity of the vapor increases rapidly as the temperature increases. The pressure drop in the gap can be caused by hydraulic loss or an increase in speed in the narrowest parts of the gap. When gas invades, the hydraulic resistance in the gap increases, the contact surface between the solution and the anode decreases and the local net resistance of the solution increases. This leads to a reduction in the local corrosion rate, causing an increase in surface undulation. Injecting compressed air will increase the pressure of the solution and eliminate the phenomenon of gas cavitation. To study the effects of pressure and flow, 3 samples were tested with pumps with different pressures and flows. Electrochemical parameters remained unchanged during the test: Current intensity: I = 155A; Solution density d = 1.08; Solution temperature T = 300 °C. Test results are according to table 5.

Table 5

Effects of pressure and flow

TT	Distance from front face of sample (mm)	Model number 1 P = 10at Q = 8m3/h	Model number 2 P = 15at Q = 12m3/h	Model number 3 P = 25at Q = 16m3/h	Note
first	100	38.18	38.17	38.18	
2	200	38.18	38.18	38,19	
3	300	38.16	38.17	38.18	
4	400	38.17	38.16	38.16	
5	500	38.17	38.20	38.18	
6	600	38.15	38,19	38.17	
7	700	38.15	38.16	38.20	
8	800	38.17	38.17	38.18	
9	1000	38.15	38.14	38.17	
ten	1200	38.15	38.14	38.15	
11	1350	38.14	38.15	38.18	

Conclusion

Combining theory and experiment, we see that the parameters affecting the electrochemical machining process are as follows:

- The main influencing factors include the gap between the electrodes, the length of the working part of the cathode – the electrode, the cathode displacement speed, additives in the electrochemical solution, pressure and flow.

- When the gap between the electrodes is small, it is very difficult to push the electrochemical product out of the working area, leading to passivation and, in many cases, an electric short circuit can occur. Choosing a reasonable gap value depends mainly on the pump's capacity. The larger the capacity, the smaller the gap value can be taken to improve accuracy. When the gap is large, the corrosion rate is very slow and the fillet angle at the base of the spiral groove increases, reducing the accuracy of the spiral groove. The reasonable clearance value for the machining process is from 0.5 mm to 0.7 mm.

- When the length of the working part is small, a small cathode displacement speed is needed to achieve the groove depth. This increases machining time and therefore affects the stability of the entire system. When the length of the working part is too large and the corrosion current is high, it will increase the electrochemical products between the electrodes and if the pump pressure is not enough to push these products, passivation or passivation can easily occur. short-circuit. The spiral part is undercut because when the length of the working part is large, the error in the shape of the spiral groove increases. Therefore, choose the length of the working part of the cathode from 15 mm to 20 mm.

-When keeping the current intensity constant and increasing the cathode displacement speed, the groove depth decreases non-linearly and the surface gloss decreases. Reasonable movement speed is from 8 to 12 mm/min.

- The appropriate additive ingredients are to use a solution with added additives: 15% NaCl + 0.2% $NaNO_2$ + 0.2% H_3BrO_3.

- Using a pump with high pressure will ensure better pushing of electrochemical products and improve the quality of the machined surface.

References

1. Nguyễn Bá Chất, Bản dịch từ tiếng Nga: Cơ sở điện hoá lý thuyết, Học viện Kỹ thuật Quân sự- 1987.

2. Trương Ngọc Liên, Điện hoá lý thuyết, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội- 2000.

3. Trương Ngọc Liên, Ăn mòn và bảo vệ kim loại, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội- 2004.

4. Смеленцев В.П., Технология Электрохимической обработки внутренних поверхностей, Москва- 1978.

5. Любимов В.П., Приспособление для Электрофизической и Электрохимической обработки, Москва- 1988.

6. Голобачёв Б.А., Электрохимичекая обработка деталей сложной формы, Москва- 1969.

7. Мороз Д.Л., Электрохимическая обработка металлов, Москва- 1969.

8. Либов Л.Я., Установки подачи Электролита при Электрохимической обработке, Москва- 1981.

Зубарев А.С.
к.т.н., доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Россия, Москва
aszubarev@bmstu.ru

КОМПЛЕКС МЕТОДОВ И ИНСТРУМЕНТОВ КАЧЕСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕР (НАСТРОЕЧНЫХ ОБРАЗЦОВ) ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Аннотация. Основная цель системы менеджмента качества при изготовлении мер (настроечных образцов) для неразрушающего контроля – это исключение дефектов в заготовках и готовых к применению мерах (образцах). В работе предложены методы борьбы с дефектами в мерах (настроечных образцах) для неразрушающего контроля на основе применения различных инструментов качества.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, дефект, мера, настроечный образец, бережливость, инструменты качества.

Zubarev A.S.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Bauman Moscow State Technical University
Russia, Moscow
aszubarev@bmstu.ru

A SET OF QUALITY METHODS AND TOOLS IN THE PRODUCTION OF MEASURES (TUNING SAMPLES) FOR NON-DESTRUCTIVE TESTING

Abstract. The main purpose of the quality management system in the manufacture of measures (tuning samples) for non-destructive testing is to eliminate defects in blanks and ready-to-use measures (samples). The paper proposes methods for combating defects in measures (tuning samples) for non-destructive testing based on the use of various quality tools.

Keywords: non-destructive testing, defect, measure, tuning sample, quality tools.

Опыт применения неразрушающих методов контроля качества сварки на опасных производственных объектах, таких как магистральные трубопроводы, атомные электростанции и др. показал, что повышение воспроизводимости результатов контроля является крайне актуальной задачей. Низкая восприимчивость контроля может привести к разногласиям в оценке качества сварного соединения при проведении контроля различными организациями и также может отрицательно сказаться на его достоверности в целом. Повышение воспроизводимости контроля может быть достигнуто за счет организации системы менеджмента качества применяемой организацией-производителем мер (настроечных образцов) для неразрушающего контроля.

Для решения данной задачи и в сложившейся в данный момент экономической ситуации становится крайне актуальной необходимость исследования основ системного подхода к техпроцессам, позволяющие объединить технологические и организационные задачи при достижении общей цели – изготовление требуемого количества мер (образцов) при общих минимальных затратах. Рассмотрим применение инструментов качества на примере изготовления мер для ультразвукового контроля в соответствии с ГОСТ 55724-2013. Внешний вид мер представлен на рисунке.

Как видно из Рис., процесс изготовления данных мер – является сложным технологическим процессом и включает в себя такие операции как фрезеровка, термообработка, шлифовка, сверление, лазерная маркировка и д.р. Учитывая достаточно большую совокупность технологических операций, необходимых для изготовления данных мер (настроечных образцов) становится очевидной необходимость более детального рассмотрения возможности применения различных инструментов качества с целью минимизации уровня брака и повышения уровня качества готовых мер (настроечных образцов).

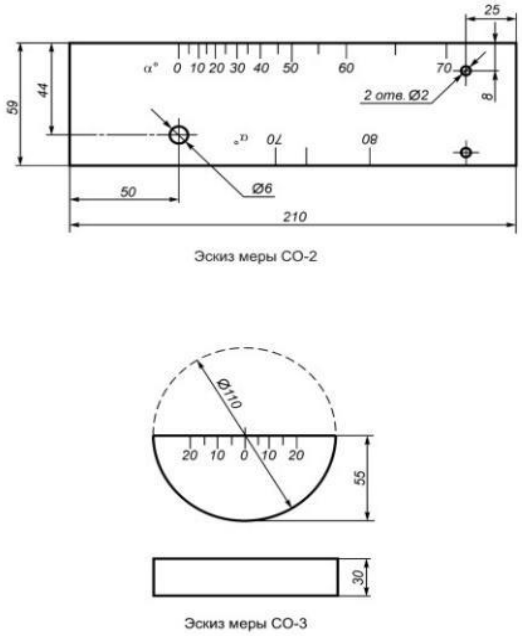


Рис. Меры СО-2 и СО-3 в соответствии с ГОСТ Р 55724-2013

Одним из основных факторов, оказывающих влияние на эффективность технологических процессов при производстве мер (настроечных образцов), является получение объективных данных, характеризующих технологический процесс и качество выпускаемых мер (настроечных образцов). Совершенствование технологических процессов за счет оснащения производства средствами входного, межоперационного и текущего видов контроля имеет крайне важное значение. Комплексные системы контроля нормируемых показателей в цехах по производству мер (настроечных образцов)

позволяют значительно сократить брак и повысить производительность труда.

Борьба с браком при производстве мер (настроечных образцов) – постоянный производственный фактор. Даже в ритмично работающих цехах по производству мер (настроечных образцов) при использовании тщательно отработанных технологических процессов и применении качественных материалов и специализированной оснастки доля брака готовых образцов является значительной. Изменение производственной программы мер (настроечных образцов), применение новых технологических решений и оборудования очень часто сопровождается всплеском брака, для устранения причин которого необходимы значительные затраты ресурсов в условиях ограниченного времени. Многообразие причин и видов дефектов мер (настроечных образцов) обуславливает сложность их диагностирования и прогнозирования, и ввиду узкой специализации данного вида производства, требует от технолога высокой квалификации и умения моделировать с использованием математических, статистических либо детерминированных моделей в подобных ситуациях.

Основных объектов внимания в каждом элементе системы качества (СК) оказалось не очень много. Первое – прежде всего, персонал, его ответственность и полномочия, перечень функций и подготовка к их выполнению. Второе – технический уровень оборудования, поддержание его в рабочем состоянии, текущий ремонт, с целью обеспечения соответствия качества продукции требованиям потребителя. Третье – методы работы, включая их документирование и совершенствование. Также необходимо добавить финансы, как совокупное выражение выделяемых на работу ресурсов, а также внешние требования к этим объектам такие как, метрологическая аттестация и требования НТД на проведение контроля.

Информационные аспекты управления качеством при производстве настроечных образцов

Информационные аспекты управлением качества при производстве мер (настроечных образцов), на сегодняшний день, в полной мере не исследованы в связи с узкой направленностью и специфичностью их производства. Частичные исследования в данной области проводились рядом Российских и зарубежных ученых, но направлены они на решение конкретных задач связанных с измерением характеристик мер или изготовлением специфической оснастки для производства. С целью повышения качества выпускаемых мер (настроечных образцов) необходимо провести исследования по выбору и оптимизации процессов механической обработки образцов по технологическим и технико-экономическим показателям. Дополнительно необходимо при проведении исследований уделить особое внимание информационным аспектам управления качеством, при этом рассмотреть процесс управления

в связи с переработкой и использованием информации по значениям технологических параметров.

Автоматизированный учет и анализ возникновения брака при производстве настроечных образцов с применением ЭВМ

В производственных цехах по изготовлению мер (настроечных образцов) для выявления причин и оперативного предупреждения брака на всех этапах технологического процесса необходимы его учет и анализ. Обычными средствами технического контроля не удается своевременно и в полной мере получать требуемую информацию. Для получения данной информации необходимо разработать блок-схему автоматизированного учета и анализа возникновения брака образцов на всех этапах производства с использованием ЭВМ. Также для данной блок-схемы необходимо разработать структуру полей и таблиц базы данных и с помощью наиболее предпочтительной программы управления ими сформировать оболочку для удобного и быстрого ввода информации. Применяя разработанную базу данных станет возможным полостью отследить все этапы технологического процесса изготовления конкретного образца или партии образцов.

Также необходима разработка системного и комплексного подхода к учету, диагностике и анализу источников брака в мерах (настроечных образцах). Первым этапом при разработке данного подхода предполагается работа с подсистемой диагностики дефекта и установление источников его появления. В основе такой настраиваемой подсистемы-матрицы будет лежать индексирование и установление соответствия между вопросами и ответами в диалоге с пользователем. Предполагается, что это позволит наладить процесс передачи знаний от опытного технолога, который настраивает матрицы, молодому технологу. Матрицы будут иметь удобную структуру, не требующую специальных знаний программирования. Результатом работы с матрицами по серии заданных вопросов определяют тип дефекта и его наиболее вероятные источники появления.

Применение FMEA (анализ рисков и последствий потенциальных отказов) – технологии для определения и исправления дефектов мер (настроечных образцов) при их производстве.

По состоянию на 2024г. в мировой практике отсутствует опыт применения технологий FMEA на производствах мер (настроечных образцов), учитывая специфику данной технологии и ее очевидную возможность применения для решения задач повышения качества производимых образцов становится очевидной необходимость исследования возможности ее применения для данной задачи.

Статистические методы для решения задач обеспечения качества продукции

Применение статистических методов [1] при решении задач обеспечения качества процессов и продукции стало неотъемлемым элементом современных систем менеджмента качества, в т.ч. создаваемых на базе международных стандартов ISO.

Американский инженер и математик Уолтер Шухарт, впоследствии известный консультант и специалист в области управления качеством, предложил идею управления технологическими процессами путем предупреждения появления несоответствий. В настоящее время существует и применяется международный стандарт ISO 8258-91 «Контрольные карты Шухарта» и его Российский аналог ГОСТ Р 50779.42-99 «Статистические методы. Контрольные карты Шухарта» [2].

Квалиметрия

Впервые вопрос о фактическом зарождении научной дисциплины, изучающей вопросы, связанные с количественной оценкой качества, был поднят осенью 1967г. На неофициальной встрече, советских ученых [3]. В последующие годы производилось совершенствование методик оценки качества, в результате чего стало возможным использование данных методов оценки в государственных и отраслевых стандартах [3]. Понятия и термины, используемые в области управления качеством, определяются международными и национальными стандартами. Исследования связанные с применением квалиметрии для количественной оценки параметров качества при производстве мер (настроечных образцов) Российскими и зарубежными учеными не проводились ввиду узкой специализации данного вида производств.

Автоматизация производственных процессов

Один из вариантов улучшения производительности труда при производстве мер (настроечных образцов) – внедрение систем комплексной автоматизации, которые позволят разгрузить персонал от рутинного контроля производства и обеспечат его динамическое планирование. Ввиду специфичности производства и наличия большого количества специальной оснастки предполагается возможность внедрения на всех этапах производства датчиков и промышленных логических контроллеров различного типа. Можно предположить, что, автоматизация ряда ключевых технологических операций позволит исключить влияние человеческого фактора на качество выпускаемых образцов, что в свою очередь положительно отразится на их качестве.

Использование компьютерных программ при производстве настроечных образцов

Мировой рынок наукоемкой продукции развивается в сторону полного перехода на безбумажную электронную технологию ее проектирования, изготовления и сбыта [4]. Достаточно сложный производственный процесс выдвигает высокие требования к организации системы управления. Она должна быть оснащена высокопроизводительными средствами, обеспечивающими быстрое и своевременное поступление полных данных о работе предприятия [5].

Использование современных компьютерных программ при производстве настроечных образцов является необходимым условием для их получения. Моделирование искусственных дефектов на образцах при помощи специализированных программ для ЭВМ является одним из важнейших инструментов при исследовании процесса их изготовления и выбора рациональных технико-технологических решений.

Коллективом специалистов НПО «ЦНИИТМАШ» разработана специализированная программа «Импульс+» позволяющая моделировать параметры настроечных образцов и пьезоэлектрических преобразователей. Результатом работы данной программы являются выбор параметров искусственного дефекта типа «плоскодонное отверстие» для их последующего использования при проектировании настроечных образцов.

Специалистами фирмы «А3 Инжиниринг» разработано приложение для Android, позволяющее рассчитывать параметры искусственных дефектов типа «зарубка» в зависимости от требований отраслевых документов на проведение ультразвукового контроля. На основании расчетов программный комплекс определяет основной ряд параметров, необходимый для изготовления и паспортизации настроечного образца с искусственным дефектом типа «зарубка».

Фирмой ИЦ Физприбор разработана и внедрена пара программных комплексов «Хорда» и «Тандем». Данные комплексы позволяют моделировать работу ультразвуковых преобразователей «хордового» типа и преобразователей типа «Тандем» в паре с настроечным образцом, имеющим искусственные дефекты. Полученные с помощью данных программ параметры настроечных образцов позволяют технологу создавать рабочие чертежи для их изготовления.

Концепция бережливости доля борьбы с потерями

Основателем концепции бережливого производства считается Тайити Оно, начавший работу в компании Toyota Motor Corporation [6]. Концепция бережливости ориентирована на борьбу с потерями во всех сферах деятельности производства. Методы и инструменты бережливого производства способны сыграть важную роль в трансформации отечественных производств мер (настроечных образцов) и вывести их на совершенно новый уровень.

Внедрение инструментов и методов бережливого производства в условиях действующего в течении многих лет производства с наработанной системой управления и технологией мелкосерийного и штучного производства требует особого подхода. Также следует отметить, что суждение о том, что бережливое производство имеет только плюсы и не имеет минусов, не совсем верное. Так, необходимо понимать, что система бережливого производства предъявляет крайне высокие требования к напряженности труда людей, поэтому внедряя концепцию бережливого производства, не стоит забывать о необходимости снижения интенсивности нагрузки на людей. При синергетическом подходе бережливое производство способно создавать новые рабочие места. Таким образом, своевременное выполнение как корректирующих, так и предупреждающих действий обычно не приводит к изменению процесса, хотя они и направлены на процесс. Дополнительно следует отметить, что нет единого мнения о том, каким образом осуществляется процесс постоянного улучшения.

Однако система бережливости при единичном и мелкосерийном характере производства недостаточно гибкая в условиях растущего рынка мер (настроечных образцов) (следует понимать, что рост рынка потребления мер (настроечных образцов) напрямую связан с общим ростом промышленности в России т.к. меры (настроечные образцы) применяются во всех сферах производства, т.к. ультразвуковой контроль является одним из основных методов контроля на ответственных изделиях, а его проведение без использования мер (настроечных образцов) является практически невозможной задачей). Мелкосерийное и штучное производство специализировано на выпуске мер (образцов) различной конфигурации и с различным типом и расположением искусственных дефектов. В данном типе производства необходимо каждый раз корректировать схему построения карты потока ценности с учетом длительности производственного цикла, межоперационных перерывов, уровня незавершенного производства и заделов.

В дальнейшем планируется проведение исследований по применению элементов системы бережливого производства в рамках действующего производства компании «А3 Инжиниринг». Целью данного исследования будет изучение эффекта от использования элементов системы и проведение анализа текущей ситуации на производстве, выявление проблем и «узких мест», планирование мероприятий по их устранению и формирование плана организации производственной системы, направленного на снижение производственных потерь, во всех подразделениях компании. Также в рамках данного исследования предполагается проведение анализа текущего состояния оборудования и оснастки по отказам, устранение выявленных отклонений, разработка стандартов обслуживания оборудования для улучшения его работоспособности, а также наработка системы сбора предложений.

Быстрореагирующее производство

Процесс внедрения новых технологических и конструкторских решений обычно проходит долгий и длинный путь. Конструкторская документация на изготовление мер (настроечных образцов) переходит из одних отделов в другие в необоснованно растянутые периоды времени и длительность этих периодов, как правило, не нормируется. Согласование документации также принимается в необоснованно длительные сроки. На первоначальном этапе изготовления меры (образца) при штучном и мелкосерийном производстве новизна рассматривается конструктором, далее с сопроводительной документацией направляется в технологический отдел для разработки технологии мехобработки заготовки и нанесения искусственных дефектов, потом поступает в отдел разработки специализированной оснастки, затем она снова возвращается в технологический отдел для утверждения полной технологии производства (если на предыдущих этапах возникли значительные изменения в конфигурации меры (настроечного образца), то производится дополнительное их согласование с Заказчиком) и после этого попадает в отдел планирования через отдел материально-технического снабжения. Только по завершению всех «офисных» этапов задание на изготовление нового типа меры (настроечного образца) поступает в производство. С целью снижения времени производства мер (настроечных образцов), повышения их качества и нормирования механизмов взаимодействия между заинтересованными отделами компании предлагается использовать принципы быстрореагирующего производства (QRM).

Концепция QRM разработана профессором Рэджаном Сури, основателем Центра QRM при Висконсинском Университете [7]. В основе данной концепции лежат принципы бережливого производства, переработанные для повышения его гибкости.

Автор представляет систему управления производством, позволяющую в значительной степени повысить эффективность его производительности за счет снижения времени выполнения заказа. По мнению автора, быстрореагирующее производство – это современный ответ на жесткие рыночные условия, с которыми сталкиваются многие производственные предприятия. Отличительной особенностью стратегии, базирующейся на принципах QRM, является «многовекторность» – концентрация усилий всего персонала компании на решении конкретной задачи – снижение плановых сроков выполнения заказов и разработки новых типов продукции. По мнению автора, уменьшение сроков выполнения заказов также положительно сказывается на производственных затратах и приводит к росту качества.

В отличие от традиционных подходов концепция QRM концентрируется на выявлении и сокращении межоперационных временных потерь, которые могут составлять до нескольких десятков процентов от общего времени выполнения заказов. Автор обращает внимание на то, что в компаниях, успешно внедривших QRM, и создавшим многофункциональные офисные ячейки, четко сфокусированные на определенный сегмент рынка, удается не

только сократить время реагирования на получаемые от заказчиков запросы, но и сосредоточиться на поиске новых клиентов в данном сегменте рынка.

В качестве минусов внедрения QRM в мелкосерийном и штучном производстве следует отметить наличие ряда трудностей, связанных с традиционными подходами заинтересованных подразделений компании к решению поставленных задач.

В дальнейшем предлагается проведение пробного внедрения концепции QRM на действующем производстве на базе компании А3 Инжиниринг.

Самоорганизация – процесс упорядочения в открытой системе

«Самоорганизация – процесс упорядочения (пространственного, временного или пространственно-временного) в открытой системе, за счет согласованного взаимодействия множества элементов ее составляющих» – определение, данное Г. Хакеном [8]. Самоорганизация – это свойство открытых систем.

Теория самоорганизации основывается на случайном поведении системы в точке бифуркации, а, следовательно, предполагает случайность морфологии возникающих структур. При этом основным признаком процессов самоорганизации является кооперативное поведение системы на микроуровне (в противоположность тенденции к хаотическому поведению элементов консервативных систем), т.к. для возникновения упорядочения в таких системах необходим приток энергии или отток энтропии [9].

В качестве примера эффективности такой совместной работы можно привести партнерство Университета Фрайберга и компании Thyssen Krupp. Учеными из Университета в тесном сотрудничестве с компанией проведено исследование вопросов оптимизации производства и улучшения качества.

Выводы

1. Проведенный анализ применимости методов и инструментов качества показал теоретическую и практическую возможность применения рассмотренных методов для решения задач повышения качества выпускаемых мер (настроечных образцов).
2. Предлагается рассмотреть возможность разработки специализированного программного комплекса, позволяющего оптимизировать процессы взаимодействия между всеми применяемыми на производстве элементами системы качества.

Список литературы

1. Клячкин В.Н., Статистические методы в управлении качеством: компьютерные технологии / В.Н. Клячкин. – М.: Финансы и статистика, 2009. – 304 с.

2. ГОСТ Р 50779.42-99 (ISO 8258-91) Статистические методы. Контрольные карты Шухарта. М.: ИПК Издательство стандартов. – 1999.-36 с.

3. Азгальдов Г.Г., Квалиметрия для всех / Г.Г. Азгальдов, А.В. Костин, В.В. Садовов. – М.: ИнформЗнание, 2012. – 165 с.

4. Горбашко Е.А., Развитие системы менеджмента качества организации в условиях цифровизации экономики / Е.А. Горбашко, Н.А. Бонюшко, А.А. Семченко. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2019. – 155 с.

5. Бюттнер К., Системы менеджмента, основанные на сетевых технологиях / К. Бюттнер // Черные металлы. – 2006. – №10 С.79-80.

6. Лапидус В.А., Бережливое производство: от зарубежного опыта к разработке национально стандарта / В.А. Лапидус, А.Н. Грачев // Сертификация. – 2014. – №4. – С. 8-11.

7. Сури Р., Время – деньги. Конкурентное преимущество быстрореагирующего производства / пер. с англ. В.В. Делюхина. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 326 с.

8. Хакен Г., Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии / Хакен Г. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003, – 320 с.

9. Пригожин И.Р., Порядок из хаоса / И. Р. Пригожин, И. Стенгерс // Москва, Мир, Эдиториал УРСС, 2023. – 320 с.

10. ГОСТ Р 55724-2013 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые».

Le Van Dam
Engineer
Institute of Technology / Vietnam Defence Industry
Vietnam, Hanoi
damlv86@gmail.com

STATIC ANALYSIS OF FG-CNTRC CYLINDRICAL SHELL WITH DIFFERENT BOUNDARY CONDITIONS USING HIGHER-ORDER SHEAR DEFORMATION THEORY TYPE QUASI-3D

Abstract. In this paper, static analysis of functionally graded carbon nanotubes reinforced composite (FG-CNTRC) cylindrical shell with various boundary conditions is presented. The higher-order shear deformation theory (HSDT) type quasi-3D accounts for the transverse normal stress effect is used. Five types of distribution of uniaxially aligned reinforcements are considered, that is, uniform, and four kinds of functionally graded distributions of carbon nanotubes along with the thickness of the shell structures. Effective material properties of carbon nanotubes reinforced composite cylindrical shell are estimated to the rule of mixture. The principle of virtual work is used to establish governing equations and associated boundary conditions. The Laplace transformation was utilized to solve governing equations. The validation of the applied approach was examined by comparing the results with those published. The effect of boundary conditions, CNT distribution, and geometrical parameters on the bending behaviour of FG-CNTRC are investigated.

Keywords: static analysis, bending, the higher-order shear deformation theory, carbon nanotubes reinforced composite, cylindrical shell.

Carbon nanotubes (CNTs), discovered in 1991 by Iijima [1], are regarded as the first advanced material in nanotechnology. CNTs are an ideal reinforcement material for high-performance structural composites due to their high strength and

stiffness, as well as their thermal and electrical properties. Combining the specific properties in the preferred direction/orientation of FGM and the excellent properties of CNTs, FG-CNTRCs become a new generation of composite materials with great potential application in aerospace, transport vehicle, building ship, energy, civil Engineering, medical instruments, sporting equipment [2]. Shen [3] presented the first FG-CNTRC material model in 2009. Based on this model, many scientists have studied FG-CNTRC structures in the past few years and their results were recorded in the recent reviews by Liew et al. [4, 5].

Using the first-order shear deformation plate theory (FSDT) and the finite element method, Zhu et al. [6] investigated bending and free vibration of thin-to-moderately thick composite plates reinforced by single-walled CNTs. Zhang et al [7] carried out the analysis of bending and free vibration of FG-CNTRC cylindrical panels. In this study, the governing equations were established by using the FSDT. The meshfree kp-Ritz method was employed to solve these equations. The authors investigated the bending and free vibration of FG-CNTRC cylindrical panels with two kinds of boundary conditions, i.e. all edges simply-supported or clamped. Garci'a-Marci'as et al [8] presented the static and free vibration of thin and moderately thick FG-CNTRC skew plates based on the FSDT.

Zghal et al. [9] studied static behavior for various types of FG-CNTRC structures (plate, skew plate, and cylindrical shell) using discrete double director shell elements. Moradi-Dastjerdi et al. [10] carried out the static analysis of FG-CNTRC cylinders under internal and external pressure by a mesh-free method. In this method, moving least squares shape functions were used for approximation of displacement field in the weak form of equilibrium equation.

Based on the three-dimensional theory of elasticity and Navier's method, Alibeigloo et al. [11] conducted static analysis of the FG-CNTRC plates embedded in piezoelectric layer subjected to mechanical load with simply-supported edges. Using the same theory and method, Alibeigloo et al. [12] studied the bending of the simply supported FG-CNTRC cylindrical panels. The static and free vibration of FG-CNTRC cylindrical shells based on the three-dimensional theory of elasticity was carried out by Alibeigloo and Jafarian [13]. In this study, the authors employed the differential quadrature method to solve the governing equation with various boundary conditions. Mehrabadi and Aragh [14] investigated bending behaviour of FG-CNTRC open cylindrical shell subjected to mechanical load. Both the three-dimensional theory of elasticity and the third-order shear deformation theory (TSDT) are used. The authors employed generalized diffirential quadrature method (GDQ) to solve the governing equations. They reported the nondimensional radial, axial, circumferential, and shear transverse stress based on TSDT lower than those based on three-dimensional theory of elasticity.

As can be seen from the above studies, the three-dimensional theory of elasticity is the most exact but this model is difficult to compute for structures with non-simply supported boundary conditions. Using FSDT or HSDTs is more convenient thanks to the low computational effort compared to 3D models [9]. How-

ever, the transverse normal stress effect was ignored in these theories with constant transverse displacement. This assumption about the displacement field is inaccurate, especially for thick plates. To solve this issue, the HSDT type quasi-3D which accounts for the transverse normal stress effect was presented to analyze the structure. Doan et al. conducted static analysis of laminated cylindrical shell [15] and FGM cylindrical shell [16]. [16]. In these studies, the authors considered cylindrical shells with different boundary conditions and discovered the stress field of shell is different from that using other HDSTs.

This research direction is expanded by studying static analysis of FG-CNTRC cylindrical shells with various boundary conditions. The HSDT type quasi-3D account for the transverse normal stress effect and the principle of virtual work is used to establish governing equations and associated boundary conditions. Five cases of CNT distribution, namely UD, FG-X, FG-Λ, FG-V, and FG-O, are considered. Effective material properties of FG-CNTRC cylindrical shell were estimated by the rule of mixture. The simple trigonometric series and the Laplace transform are utilized to solve the governing equations of FG-CNTRC cylindrical shell. The effect of boundary conditions, the CNT distribution, and geometry parameters on static analysis of FG-CNTRC are investigated.

Materials properties

Five cases of the CNTs volume fraction varies linearly with the thickness direction are considered: UD, FG-Λ, FG-V, FG-X, and FG-O as shown in Figure 1.

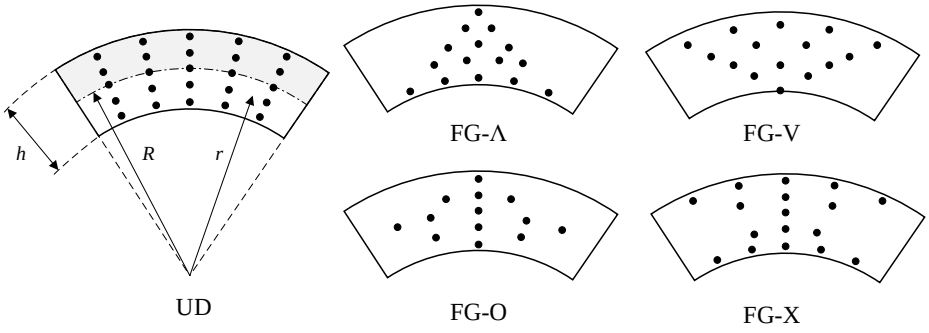


Fig. 1. Volume fraction distribution for five cases

The effective mechanical properties of FG-CNTRC are determined based on the rule of mixture and the CNT efficiency parameters, as follows:

$$E_{11} = \eta_1 V_{CNT} E_{11}^{CNT} + V_m E_m, \quad \frac{\eta_2}{E_{22}} = \frac{V_{CNT}}{E_{22}^{CNT}} + \frac{V_m}{E_m}, \quad \frac{\eta_3}{G_{12}} = \frac{V_{CNT}}{G_{12}^{CNT}} + \frac{V_m}{G_m} \tag{1}$$

where $E_{11}^{CNT}, E_{22}^{CNT}, G_{12}^{CNT}$, V_{CNT}, E_m, G_m, V_m are Young's modulus, shear modulus, and volume fraction of CNT and matrix, respectively. The CNT efficiency parameters $\eta_i \left(i = 1,2,3\right)$ are defined by matching the molecular dynamic simulations and the rule of mixture [17, 18].

The relation between the CNT and matrix volume fractions is as follows:

$$V_{CNT} + V_m = 1 \tag{2}$$

The Poisson"s ratio is determined as follow:

$$\upsilon_{12} = V_{CNT}^{*}\upsilon_{12}^{CNT} + V_m\upsilon_{12} \tag{3}$$

where $\upsilon_{12}^{CNT}, \upsilon_m$ are Poisson's ratio of CNT and matrix respectively
The CNT volume fraction for five cases are as follows:

$$V_{CNT} = V_{CNT}^{*} \quad \text{for UD} \tag{4.a}$$

$$V_{CNT} = 2\left(\frac{R-r}{h} + \frac{1}{2}\right)V_{CNT}^{*} \quad \text{for FG-}\Lambda \tag{4.b}$$

$$V_{CNT} = 2\left(\frac{r-R}{h} + \frac{1}{2}\right)V_{CNT}^{*} \quad \text{for FG-V} \tag{4.c}$$

$$V_{CNT} = 2\left(1 - \frac{2|r-R|}{h}\right)V_{CNT}^{*} \quad \text{for FG-O} \tag{4.d}$$

$$V_{CNT} = 4\frac{|r-R|}{h}V_{CNT}^{*} \quad \text{for FG-X} \tag{4.e}$$

where

$$V_{CNT}^{*} = \frac{\mathrm{W}_{CNT}}{\mathrm{W}_{CNT} + \frac{\rho_{CNT}}{\rho_m} - \frac{\rho_{CNT}}{\rho_m}\mathrm{W}_{CNT}} \tag{5}$$

in which R and h are mid radius and thickness of the cylindrical shell, respectively. ρ_m is density fraction of polymer matrix; W_{CNT}, ρ_{CNT} is the mass fraction and density fraction of CNT, respectively.

The other effective elastic constants for mixture of CNTs and polymer matrix are

$$E_{22} = E_{33}, G_{12} = G_{13} = G_{23}, \upsilon_{12} = \upsilon_{13}, \upsilon_{31} = \upsilon_{21}, \upsilon_{32} = \upsilon_{23} = \upsilon_{21}, \upsilon_{21} = \frac{E_{22}}{E_{11}}\upsilon_{12} \tag{6}$$

Governing equations and solution procedure

Governing equations

Considering the FG-CNTRC cylindrical shell, has uniform length L, radius R, and thickness h as shown in Figure 2. An orthogonal curvilinear coordinate system $O\xi\theta z$ is employed. The displacements of an arbitrary point of the shell in the ξ, θ and z directions are denoted by u, v and w, respectively. The shell is

subjected to transverse normal loads $q^{+}(\xi,\theta)$ and $q^{-}(\xi,\theta)$ on the outer and inner surfaces, respectively.

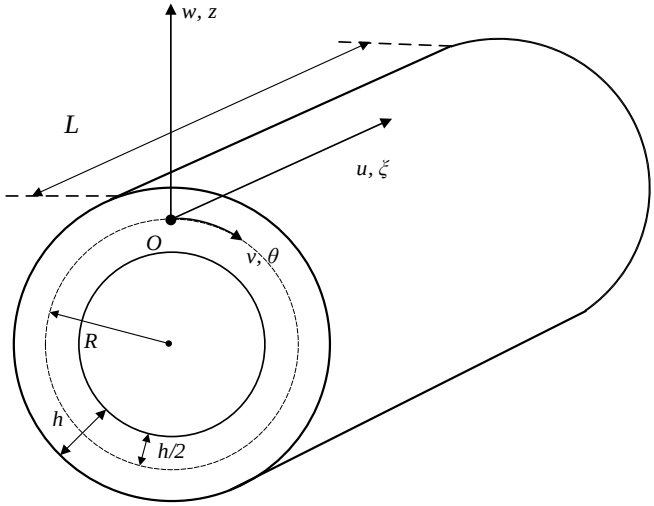


Fig. 2. Geometry and coordinates of the FG-CNTRC cylindrical shell

The displacement field of the shell is expressed by:

$$\begin{aligned} u(\xi,\theta,z) &= u_0(\xi,\theta) + u_1(\xi,\theta)z + u_2(\xi,\theta)\frac{z^2}{2!} + u_3(\xi,\theta)\frac{z^3}{3!}, \\ v(\xi,\theta,z) &= v_0(\xi,\theta) + v_1(\xi,\theta)z + v_2(\xi,\theta)\frac{z^2}{2!} + v_3(\xi,\theta)\frac{z^3}{3!}, \\ w(\xi,\theta,z) &= w_0(\xi,\theta) + w_1(\xi,\theta)z + w_2(\xi,\theta)\frac{z^2}{2!}, \end{aligned} \tag{7}$$

The transverse displacement *w* is not a constant but rather is the second-order polynomial of the coordinate along the thickness direction. Therefore the transverse stress in the present model is not equal to zero.

The strain–displacements relations are defined as follows:

$$\begin{aligned} &\varepsilon_\xi = \frac{1}{R}\frac{\partial u}{\partial \xi},\ \varepsilon_\theta = \frac{1}{R+z}\left(\frac{\partial v}{\partial \theta} + w\right),\ \gamma_{\xi\theta} = \frac{1}{R}\frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{1}{R+z}\frac{\partial u}{\partial \theta}, \\ &\gamma_{\theta z} = \frac{1}{R+z}\frac{\partial w}{\partial \theta} + \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{v}{R+z},\ \gamma_{\xi z} = \frac{1}{R}\frac{\partial w}{\partial \xi} + \frac{\partial u}{\partial z},\ \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z}. \end{aligned} \tag{8}$$

The 3D linear constitutive relations of a cylindrical shell are

$$\begin{Bmatrix} \sigma_\xi \\ \sigma_\theta \\ \sigma_z \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{12} & C_{22} & C_{23} \\ C_{13} & C_{23} & C_{33} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_\xi \\ \varepsilon_\theta \\ \varepsilon_z \end{Bmatrix},\ \begin{Bmatrix} \tau_{z\theta} \\ \tau_{\xi z} \\ \tau_{\xi\theta} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{44} & 0 & 0 \\ 0 & C_{55} & 0 \\ 0 & 0 & C_{66} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \gamma_{z\theta} \\ \gamma_{\xi z} \\ \gamma_{\xi\theta} \end{Bmatrix}. \tag{9}$$

where the stiffness elements C_{ij} are derived as follows:

$$C_{11}=\frac{E_{11}}{\Delta}\left(1-\upsilon_{23}\upsilon_{32}\right),C_{22}=\frac{E_{22}}{\Delta}\left(1-\upsilon_{31}\upsilon_{13}\right),C_{33}=\frac{E_{33}}{\Delta}\left(1-\upsilon_{21}\upsilon_{12}\right),C_{44}=G_{23},C_{55}=G_{13},$$
$$C_{66}=G_{12},\ C_{12}=\frac{E_{11}}{\Delta}\left(\upsilon_{21}+\upsilon_{23}\upsilon_{31}\right),\ C_{13}=\frac{E_{11}}{\Delta}\left(\upsilon_{31}+\upsilon_{21}\upsilon_{32}\right),C_{23}=\frac{E_{22}}{\Delta}\left(\upsilon_{32}+\upsilon_{12}\upsilon_{31}\right),$$
$$\Delta=1-\upsilon_{12}\upsilon_{21}-\upsilon_{23}\upsilon_{32}-\upsilon_{31}\upsilon_{13}-2\upsilon_{12}\upsilon_{23}\upsilon_{32} \tag{10}$$

The principle of virtual displacements is employed to derive the governing equations. The principle in the present case is given as follows:

$$\iiint_{\xi\theta z}\left(\sigma_\xi\delta\varepsilon_\xi+\sigma_\theta\delta\varepsilon_\theta+\sigma_z\delta\varepsilon_z+\tau_{\xi\theta}\delta\gamma_{\xi\theta}+\tau_{\xi z}\delta\gamma_{\xi z}+\tau_{\theta z}\delta\gamma_{\theta z}\right)R^2\left(1+\frac{z}{R}\right)d\xi d\theta dz-$$
$$-\int_\xi\int_\theta\left[q^+\delta w^+\left(1+\frac{h}{2R}\right)+q^-\delta w^-\left(1-\frac{h}{2R}\right)\right]R^2d\xi d\theta=0, \tag{11}$$

in which $\delta w^+=\delta w_0+\frac{h}{2}\delta w_1+\frac{h^2}{8}\delta w_2$, $\delta w^-=\delta w_0-\frac{h}{2}\delta w_1+\frac{h^2}{8}\delta w_2$.

Substituting equations (7) – (9) into equation (11) and integrating this equation through the thickness of the shell, the governing equation can be derived as follows:

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial N_\xi}{\partial\xi}+\frac{\partial N_{\theta\xi}}{\partial\theta}=0, && \frac{\partial N_\theta}{\partial\theta}+\frac{\partial N_{\xi\theta}}{\partial\xi}+Q_\theta=0,\\
&\frac{\partial Q_\xi}{\partial\xi}+\frac{\partial Q_\theta}{\partial\theta}-N_\theta-Rp_0=0, && \frac{\partial M_\xi}{\partial\xi}+\frac{\partial M_{\theta\xi}}{\partial\theta}-RQ_\xi=0,\\
&\frac{\partial M_{\xi\theta}}{\partial\xi}+\frac{\partial M_\theta}{\partial\theta}-RQ_\theta=0, && \frac{\partial S_\xi}{\partial\xi}+\frac{\partial S_\theta}{\partial\theta}-M_\theta-RQ_z-Rp_1=0,\\
&\frac{\partial N^*_\xi}{\partial\xi}+\frac{\partial N^*_{\theta\xi}}{\partial\theta}-RS_\xi=0, && \frac{\partial N^*_{\xi\theta}}{\partial\xi}+\frac{\partial N^*_\theta}{\partial\theta}-RS_\theta-Q^*_\theta=0,\\
&\frac{\partial Q^*_\xi}{\partial\xi}+\frac{\partial Q^*_\theta}{\partial\theta}-N^*_\theta-RS_z-Rp_2=0, && \frac{\partial M^*_\xi}{\partial\xi}+\frac{\partial M^*_{\theta\xi}}{\partial\theta}-RQ^*_\xi=0,\\
&\frac{\partial M^*_{\xi\theta}}{\partial\xi}+\frac{\partial M^*_\theta}{\partial\theta}-RQ^*_\theta-2S^*_\theta=0.
\end{aligned} \tag{12}$$

The force resultants of (12) are determined as follows:

$$\left(N_\xi,\, M_\xi,\, N_\xi^*,\, M_\xi^*\right)=\int_{-h/2}^{+h/2}\sigma_\xi\left(1+\frac{z}{R}\right)\left(1,\, z,\, \frac{z^2}{2},\, \frac{z^3}{6}\right)dz,$$

$$\left(N_\theta,\, M_\theta,\, N_\theta^*,\, M_\theta^*\right)=\int_{-h/2}^{+h/2}\sigma_\theta\left(1,\, z,\, \frac{z^2}{2},\, \frac{z^3}{6}\right)dz,$$

$$\left(N_{\theta\xi},\, M_{\theta\xi},\, N_{\theta\xi}^*,\, M_{\theta\xi}^*\right)=\int_{-h/2}^{+h/2}\tau_{\xi\theta}\left(1,\, z,\, \frac{z^2}{2},\, \frac{z^3}{6}\right)dz,$$

$$\left(N_{\xi\theta},\, M_{\xi\theta},\, N_{\xi\theta}^*,\, M_{\xi\theta}^*\right)=\int_{-h/2}^{+h/2}\tau_{\xi\theta}\left(1+\frac{z}{R}\right)\left(1,\, z,\, \frac{z^2}{2},\, \frac{z^3}{6}\right)dz,$$

$$\left(Q_z,\, S_z\right)=\int_{-h}^{+h}\sigma_z\left(1,\, z\right)\left(1+\frac{z}{R}\right)dz,$$

$$\left(Q_\xi,\, S_\xi,\, Q_\xi^*\right)=\int_{-h/2}^{+h/2}\tau_{\xi z}\left(1,\, z,\, \frac{z^2}{2}\right)\left(1+\frac{z}{R}\right)dz,$$

$$\left(Q_\theta,\, S_\theta,\, Q_\theta^*,\, S_\theta^*\right)=\int_{-h/2}^{+h/2}\tau_{\theta z}\left(1,\, z,\, \frac{z^2}{2},\, \frac{z^3}{6}\right)dz, \qquad (13)$$

$$p_i=q^+\left(1+\frac{h}{2R}\right)\frac{\left(h/2\right)^i}{i!}+q^-\left(1-\frac{h}{2R}\right)\frac{\left(-h/2\right)^i}{i!},\ i=0,1,2. \qquad (13)$$

For closed cylindrical shells, the boundary conditions for simply supported (S), clamped (C), and free (F) at edges are assumed as follows:

$$C: u_0=u_1=u_2=u_3=0,\ v_0=v_1=v_2=v_3=0,\ w_0=w_1=w_2=0;$$

$$S:\ N_\xi=M_\xi=N_\xi^*=M_\xi^*=0,\ v_0=v_1=v_2=v_3=0,\ w_0=w_1=w_2=0;$$

$$F:\ N_\xi=M_\xi=N_\xi^*=M_\xi^*=0,\ N_{\xi\theta}=M_{\xi\theta}=N_{\xi\theta}^*=M_{\xi\theta}^*=0,\ Q_\xi=S_\xi=Q_\xi^*=0. \qquad (14)$$

3.2. Solution procedure

Substitution of equations (7-9) and (12) into equations (11), leads to the system of 11 differential equations corresponding to 11 displacement components. Equations (11) are rewritten as follows:

$$K_{10}^{i}u_0+K_{10,11}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}u_0+K_{10,22}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}u_0+K_{11}^{i}u_1+K_{11,11}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}u_1+K_{11,22}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}u_1+$$

$$+K_{12}^{i}u_2+K_{12,11}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}u_2+K_{12,22}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}u_2+K_{13}^{i}u_3+K_{13,11}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}u_3+K_{13,22}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}u_3+$$

$$+K_{20,12}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\xi\partial\theta}v_0+K_{21,12}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\xi\partial\theta}v_1+K_{22,12}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\xi\partial\theta}v_2+K_{23,12}^{i}\frac{\partial^2}{\partial\xi\partial\theta}v_3+K_{30,1}^{i}\frac{\partial}{\partial\xi}w_0+$$

$$+K_{31,1}^{i}\frac{\partial}{\partial\xi}w_1+K_{32,1}^{i}\frac{\partial}{\partial\xi}w_2=0,\quad i=1,\ 2,\ 3,\ 4,$$

$$K_{10,12}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\xi\partial\theta}u_0+K_{11,12}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\xi\partial\theta}u_1+K_{12,12}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\xi\partial\theta}u_2+K_{13,12}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\xi\partial\theta}u_3+$$

$$+K_{20}^{j}v_0+K_{20,11}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}v_0+K_{20,22}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}v_0+K_{21}^{j}v_1+K_{21,11}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}v_1+K_{21,22}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}v_1+$$

$$+K_{22}^{j}v_2+K_{22,11}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}v_2+K_{22,22}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}v_2+K_{23}^{j}v_3+K_{23,11}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}v_3+K_{23,22}^{j}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}v_3+$$

$$+K_{30,2}^{j}\frac{\partial}{\partial\theta}w_0+K_{31,2}^{j}\frac{\partial}{\partial\theta}w_1+K_{32,2}^{j}\frac{\partial}{\partial\theta}w_2=0,\quad j=5,\ 6,\ 7,\ 8,$$

(15)

$$K_{10,1}^{k}\frac{\partial}{\partial\xi}u_0+K_{11,1}^{k}\frac{\partial}{\partial\xi}u_1+K_{12,1}^{k}\frac{\partial}{\partial\xi}u_2+K_{13,1}^{k}\frac{\partial}{\partial\xi}u_3+K_{20,2}^{k}\frac{\partial}{\partial\theta}v_0+$$

$$+K_{21,2}^{k}\frac{\partial}{\partial\theta}v_1+K_{22,2}^{k}\frac{\partial}{\partial\theta}v_2+K_{23,2}^{k}\frac{\partial}{\partial\theta}v_3+K_{30}^{k}w_0+K_{30,11}^{k}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}w_0+$$

$$+K_{30,22}^{k}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}w_0+K_{31}^{k}w_1+K_{31,11}^{k}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}w_1+K_{31,22}^{k}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}w_1+K_{32}^{k}w_2+$$

$$+K_{32,11}^{k}\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}w_2+K_{32,22}^{k}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}w_2=K_{q^+}^{k}q^{+}+K_{q^-}^{k}q^{-},$$

$$k=9,\ 10,\ 11,$$

herein, the coefficients K are constants, which depend on R, h/R, Poisson's ratio, and Young's modulus of the FG-CNTRC shell.

The partial differential equations (15) are transformed into a system of ordinary

differential equations by using single trigonometric series for approximation of displacement field and the load. For a closed cylindrical shell, the displacement field and the load are represented as follows:

$$u_i(\xi,\theta)=U_{i0}(\xi)+\sum_{m=1}^{\infty}\left[U_{im}^{1}(\xi)\cos m\theta+U_{im}^{2}(\xi)\sin m\theta\right],$$

$$v_i(\xi,\theta)=V_{i0}(\xi)+\sum_{m=1}^{\infty}\left[V_{im}^{1}(\xi)\sin m\theta-V_{im}^{2}(\xi)\cos m\theta\right],$$

$$w_j(\xi,\theta)=W_{j0}(\xi)+\sum_{m=1}^{\infty}\left[W_{jm}^{1}(\xi)\cos m\theta+W_{jm}^{2}(\xi)\sin m\theta\right], \tag{16}$$

$$q^{\pm}(\xi,\theta)=Q_0^{\pm}(\xi)+\sum_{m=1}^{\infty}\left[Q_m^{1\pm}(\xi)\cos m\theta+Q_m^{2\pm}(\xi)\sin m\theta\right],$$

$i=0,\ 1,\ ...,\ K,\ \ j=0,\ 1,\ ...,\ K-1.$

In the case of symmetrical axial loading, the components $V_{i0}(\xi)=0$.

Then using the Laplace transform and boundary to solve the ordinary differential equations, which are obtained above, the root expression of the displacement are determined. For further detail, one can be referred to the reference [15].

Substituting displacement into equations (7-9), stresses σ_ξ, σ_θ and $\tau_{\xi\theta}$ are obtained. The shear stress components are determined by integrals form based on the 3D theory of elasticity, as follows:

$$\tau_{\xi z}=-\frac{1}{R+z}\int_{-h/2}^{z}\left[\left(1+\frac{z}{R}\right)\frac{\partial\sigma_\xi}{\partial\xi}+\frac{\partial\tau_{\xi\theta}}{\partial\theta}\right]dz,$$

$$\tau_{\theta z}=-\frac{R}{(R+z)^2}\int_{-h/2}^{z}\left[\left(1+\frac{z}{R}\right)\frac{\partial\sigma_\theta}{\partial\theta}+\left(1+\frac{z}{R}\right)^2\frac{\partial\tau_{\xi\theta}}{\partial\xi}\right]dz, \tag{17}$$

$$\sigma_z=-\frac{1}{R+z}\int_{-h/2}^{z}\left[\left(1+\frac{z}{R}\right)\frac{\partial\tau_{\xi z}}{\partial\xi}+\frac{\partial\tau_{\theta z}}{\partial\theta}-\sigma_\theta\right]dz+\frac{R-h/2}{R+h/2}q^{-}.$$

Numerical results and discussion

Validation

To validate the present approach, numerical results obtained for the one-layer orthotropic cylindrical shell are compared with those reported by Varadan and Bhaskar [19] based on the 3D elasticity theory of elasticity. 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 $\overline{w}=(10wE_1)/(Q_0hS^4)$, $(\bar{\sigma}_\xi,\bar{\sigma}_\theta)=10(\sigma_\xi,\sigma_\theta)/(hS^2Q_0)$, $\bar{\sigma}_z=10\sigma_z/(hS^2Q_0)$. It is observed Table 1 that there is good agreement between the results.

Table 1

Comparison of displacement and stresses for one layer cylindrical shell

R/h	Method	$\bar{w}$	$\bar{\sigma}_\theta$	$\bar{\sigma}_\theta$	$\bar{\sigma}_\xi$	$\bar{\sigma}_\xi$	$\bar{\sigma}_z$
		$z=0$	$z=-h/2$	$z=h/2$	$z=-h/2$	$z=h/2$	$z=0$
4	Vara	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	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	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	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	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

The effect of CNT distribution

In this section, static analysis of the FG-CNTRC cylindrical shell with three cases of CNTs distribution UD, FG-Λ, and FG-V is conducted. Both end edges of the cylindrical shell are clamped 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, R, L.

The material properties of the (10,10) SWCNTs used here from Refs. [9] are $E_{11}^{CNT}=5.6466TPa, E_{22}^{CNT}=7.0800TPa, G_{12}^{CNT}=1.9445TPa;$ and $\upsilon_{12}^{CNT}=0.175.$ The material properties of matrix are $E_m=2.1GPa,\ \upsilon_m=0.34.$

Efficiency parameters of CNT depend on CNT volume fraction as follows :

$$V_{CNT}^{*}=0.11;\eta_1=0.149;\eta_2=0.934;\eta_3=\eta_2;$$

$$V_{CNT}^{*}=0.14;\eta_1=0.150;\eta_2=0.941;\eta_3=\eta_2;$$

$$V_{CNT}^{*}=0.17;\eta_1=0.149;\eta_2=1.381;\eta_3=\eta_2;$$

The displacement and stress components are non-dimensionalized as follows:

$$\bar{w}=w/h;\left(\bar{\sigma}_{\xi\xi},\bar{\sigma}_{\theta\theta},\bar{\sigma}_{zz},\bar{\tau}_{\xi\theta},\bar{\tau}_{\xi z},\bar{\tau}_{z\theta}\right)=\left(\sigma_\xi,\sigma_\theta,\sigma_z,\tau_{\xi\theta},\tau_{\xi z},\tau_{z\theta}\right)\Big/Q_0 \qquad (18)$$

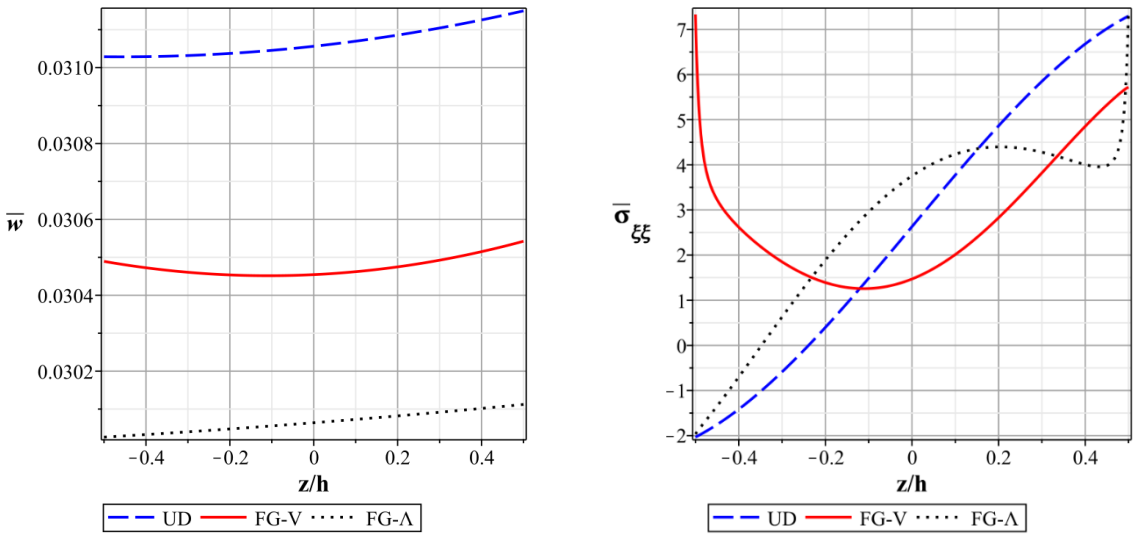
Table 2 represents the influence of the type of CNT distribution on non-dimensional stresses and displacement of clamped-clamped FG-CNTRC cylindrical shell with different values of R/h. For further detail, Fig 3a-d shows the effect of

the type of CNT distribution on the through-thickness distribution of non-dimensional stresses and displacement fields at $\xi = L/2R$ of clamped-clamped FG-CNTRC cylindrical shell $V_{CNT}^{*} = 0.17, L/R = 4, R/h = 10$.

Table 2

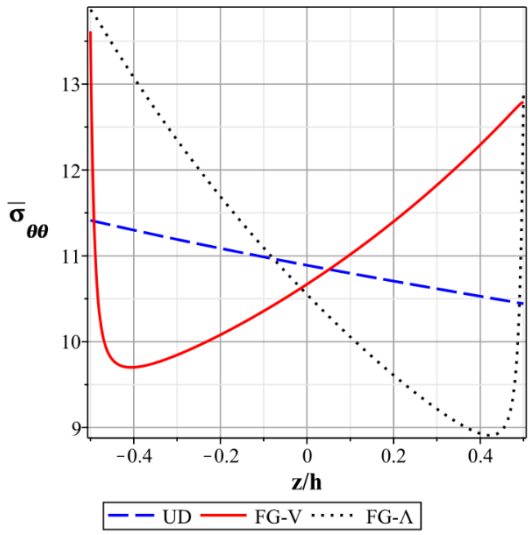
Non-dimensional displacement and stresses at middle position $\xi = L/2R$ of clamped-clamped FG-CNTRC cylindrical shell with $V_{CNT}^{*} = 0.17$

	$\bar{w}$	$\bar{\sigma}_{\xi}$	$\bar{\sigma}_{\xi}$	$\bar{\sigma}_{\theta}$	$\bar{\sigma}_{\theta}$	$\bar{\sigma}_{z}$	$\bar{\sigma}_{z}$
z	0	$-h/2$	$h/2$	$-h/2$	$h/2$	$-h/4$	$-h/4$
$L/R = 6, R/h = 10$							
UD	0.03009	3.3619	2.5761	11.0971	10.0845	0.2799	0.7767
FG- Λ	0.02922	3.2185	7.1569	13.4934	12.5326	0.3215	0.8065
FG-V	0.02940	7.1641	1.7727	13.1868	12.3349	0.2468	0.7382
$L/R = 6, R/h = 20$							
UD	0.11673	5.9538	5.6415	20.9876	19.9865	0.2642	0.7639
FG- Λ	0.11412	5.2404	13.5192	25.7012	24.3005	0.3049	0.7940
FG-V	0.11452	13.4910	5.3913	24.9379	24.5601	0.2326	0.7248
$L/R = 6, R/h = 50$							
UD	0.72001	14.6043	14.5871	51.0065	50.0063	0.2557	0.7556
FG- Λ	0.70439	13.8172	32.6835	62.5131	59.7799	0.2953	0.7859
FG-V	0.70539	32.6602	13.8696	60.4223	61.3731	0.2248	0.7166

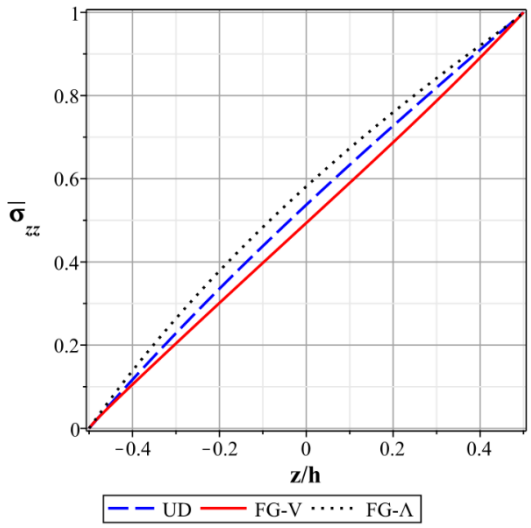


a) radial displacement *b) axial stress*

Fig. 3a,b. Effect of CNT distribution on non-dimensional stresses and displacements of clamped-clamped cylindrical shell at the middle position $\xi = L/2R$ with $V_{CNT}^{*} = 0.17, L/R = 4, R/h = 10$



c) circumferential stress



d) radial stress

Fig. 3c,d. Effect of CNT distribution on non-dimensional stresses and displacements of clamped-clamped cylindrical shell at the middle position $\xi = L/2R$ *with*

$$V_{CNT}^{*} = 0.17, L/R = 4, R/h = 10$$

Table 2 and Figure 3 show that the case of CNT distribution has a significant effect on the through-thickness distribution of stresses and displacement strongly. According to Table 2 and Figure 3a, 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 Table 2 and Figure 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, respectively. Also, from Table 2 and these graphs, it is observed that the variation of stress components for the case of uniformly distributed UD is smaller than that for the cases of FG-V and FG-Λ.

The effect of boundary condition

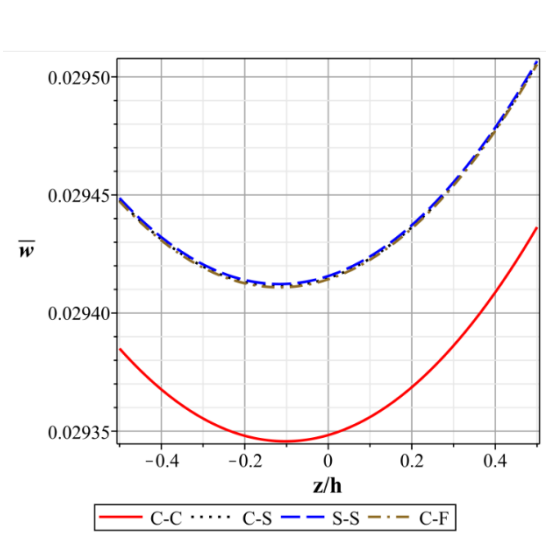
In this section, the investigation of the static analysis of FG-V cylindrical shells with different boundary conditions is conducted. The geometry and material properties of the shell are same as those in the previous section. The different boundary conditions of a closed cylindrical shell, which include simply supported – simply supported (S-S), clamped-clamped (C-C), clamped-free (C-F), clamped – simply supported (C-S) are considered.

Table 3 shows the results of the non-dimensional displacement and stresses of FG-V cylindrical shell with different boundary conditions and different *L/R, R/h.* For more detail, Figure 4 represents the effect of the boundary conditions on non-dimensional displacement and stress of FG-V with *L/R=10, R/h=10*.

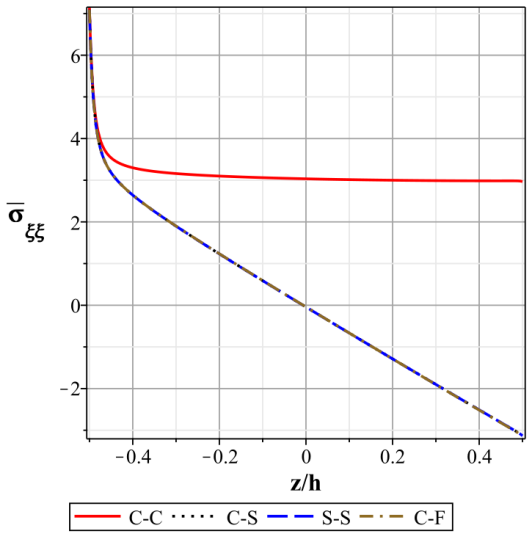
Table 3

Non-dimensional displacement and stresses at the middle position $\xi = L/2R$ of FG-CNTRC cylindrical shell with different boundary conditions with $V_{CNT}^{*} = 0.17$

	$\bar{w}$	$\bar{\sigma}_{\xi}$	$\bar{\sigma}_{\xi}$	$\bar{\sigma}_{\theta}$	$\bar{\sigma}_{\theta}$	$\bar{\sigma}_{z}$	$\bar{\sigma}_{z}$
z	0	$-h/2$	$h/2$	$-h/2$	$h/2$	$-h/4$	$-h/4$
$L/R=4, R/h=10$							
S-S	0.03045	7.3766	-4.1537	13.6392	12.7547	0.2532	0.7375
C-F	0.02998	7.1964	-1.5040	13.3901	12.5671	0.2496	0.7375
C-S	0.03048	7.3336	-1.8776	13.6251	12.7759	0.2529	0.7372
C-C	0.03045	7.3327	5.7214	13.6151	12.7919	0.2527	0.7371
$L/R=4, R/h=20$							
S-S	0.11448	13.4405	-9.3886	24.9065	24.4973	0.2324	0.7250
C-F	0.11506	13.4775	-7.8795	25.0164	24.6274	0.2331	0.7247
C-S	0.11491	13.4937	-9.4807	25.0015	24.5884	0.2330	0.7249
C-C	0.11510	13.6322	1.1405	25.1059	24.6705	0.2338	0.7249
$L/R=4, R/h=50$							
S-S	0.70704	32.4252	-14.4015	60.3998	61.4084	0.2247	0.7165
C-F	0.70680	32.4193	-14.6072	60.3833	61.3884	0.2247	0.7165
C-S	0.70687	32.4164	-14.3706	60.3844	61.3933	0.2247	0.7165
C-C	0.70521	32.6280	13.2716	60.3942	61.3553	0.2247	0.7165

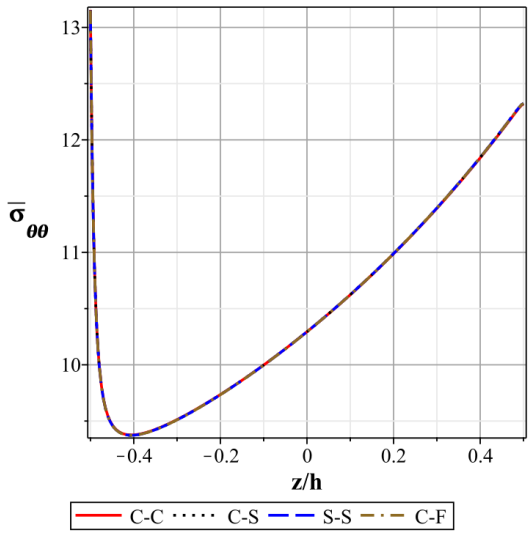


a) radial displacement

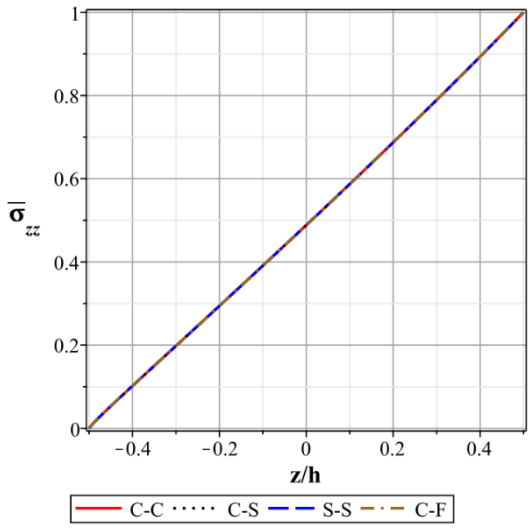


b) axial stress

Fig. 4a,b. Effect of the boundary conditions on non-dimensional stresses and displacements of FG-V cylindrical shell at the middle position $\xi = L/2R$ with $V_{CNT}^{*} = 0.17, L/R = 10, R/h = 10$



c) circumferential stress



d) radial stress

Fig. 4c,d. Effect of the boundary conditions on non-dimensional stresses and displacements of FG-V cylindrical shell at the middle position $\xi = L/2R$ *with*

$$V_{CNT}^{*} = 0.17, L/R = 10, R/h = 10$$

As can be seen from Table 3, and Figure 4, the boundary condition has a significant effect on the non-dimensional axial stress and has not a significant effect on the non-dimensional displacement, circumferential stress, and radial stress. The interesting results can be seen from Table 3 and Figure 4b that the value of the non-dimensional axial stress of the case C-C condition was different from those of other boundary conditions. It can be inferred from Figure 4d that the radial stress increase from the value of pressure at the inner surface to the value of pressure at the outer surface.

Table 2 and Table 3 also show that increasing the radius to thickness ratio causes the increase of non-dimensional displacement and stresses of shell subjected to extenal pressure.

Conclusions

In this paper, static analysis of FG-CNTRC cylindrical shells was presented using the higher-order shear deformation theory taking the transverse normal stress effect into account with different boundary conditions was presented. The material properties of the FG-CNTRC were determined by the extended rule of mixture. The governing equations and the boundary conditions were derived based on the virtual work principle. The simple trigonometric series and the Laplace transform were employed to solve the governing equations. The present approach was validated by comparing its numerical results with published results. Effects of the cases of CNT distribution, the boundary condition, the radius to thickness ratio on the displacement, and stresses of FG-CNTRC cylindrical shell were investigated. The results showed that the cases of CNT distribution have a

significant effect on non-dimensional displacement and stresses. This effect at the inner or outer surface is stronger than at other areas. The results also that the boundary condition has a significant effect on the non-dimensional axial stress and has not a significant effect on the non-dimensional displacement, circumferential stress, and radial stress at the middle position. It is noteworthy that the value of the non-dimensional axial stress of the case C-C condition was different from those of other boundary conditions. In addition, the non-dimensional displacement and stresses increase when the radius to thickness ratio increases.

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. Iijima S. – Helical microtubules of graphitic carbon. Nature, 354 (1991) 56-58. https://doi.org/10.1038/354056a0
2. Loos M. – Carbon nanotube reinforced composites: CNT Polymer Science and Technology. Elsevier,(2014)
3. Shen H.-S. – Nonlinear bending of functionally graded carbon nanotube-reinforced composite plates in thermal environments. Composite Structures, 91 (2009) 9-19. DOI: 10.1016/j.compstruct.2009.04.026.
4. Liew K., Lei Z., Zhang L. – Mechanical analysis of functionally graded carbon nanotube reinforced composites: a review. Composite Structures, 120 (2015) 90-97. DOI: 10.1016/j.compstruct.2014.09.041.
5. Liew K. M., Pan Z., Zhang L.-W. J. S. C. P., Mechanics, Astronomy – The recent progress of functionally graded CNT reinforced composites and structures. 63 (2020) 234601. DOI: 10.1007/s11433-019-1457-2.
6. Zhu P., Lei Z., Liew K. M. – 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. 10.1016/j.compstruct.2011.11.010.
7. 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. DOI: 10.1016/j.compstruct.2013.12.035.
8. García-Macías E., Castro-Triguero R., Flores E. I. S., Friswell M. I., Gallego R. – Static and free vibration analysis of functionally graded carbon nanotube reinforced skew plates. Composite Structures, 140 (2016) 473-490. DOI: 10.1016/j.compstruct.2015.12.044.
9. Zghal S., Frikha A., Dammak F. – Static analysis of functionally graded carbon nanotube-reinforced plate and shell structures. Composite Structures, 176 (2017) 1107-1123. DOI: 10.1016/j.compstruct.2017.06.015.
10. 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
11. 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. DOI: 10.1016/j.compstruct.2012.08.018.

12. 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. DOI: 10.1016/j.compositesb.2015.09.060.

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. DOI: 10.1142/S1758825116500332.

14. Mehrabadi S. J., Aragh B. S. – 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

15. Doan T. N., Thanh N. T., Van Chuong P., Tho N. C., Ta N. T., Nguyen H. N. – Analysis of stress concentration phenomenon of cylinder laminated shells using higher-order shear deformation Quasi-3D theory. Composite Structures, 232 (2020) 111526. DOI: 10.1016/j.compstruct.2019.111526.

16. Doan T. N., Nguyen A. T., Van Binh P., Van Hung T., Tru V. Q., Luat D. T. – 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. DOI: 10.1016/j.compstruct.2020.113357.

17. 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

18. 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

19. Varadan T., Bhaskar K. – Bending of laminated orthotropic cylindrical shells–an elasticity approach. Composite Structures, 17 (1991) 141-156. DOI: 10.1016/0263-8223(91)90067-9.

Phung Xuan Son
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Hanoi University of Industry
Vietnam, Hanoi
phungxuanson@haui.edu.vn
Vu Thi Hue
Master
Hanoi University of Industry
Vietnam, Hanoi
vuthihue@haui.edu.vn

CALCULATION AND DESIGN OF 3-DIRECTIONAL MOVEMENT JIG X, Y, Z

Abstract. This article presents the results of research and calculation on the design of a 3-way X, Y, Z displacement fixture in a system for cleaning electronic components, cameras, and phones using liquid CO 2 (LCO 2).

Keywords: Liquid CO_2.

In the process of calculating and designing the X, Y, Z 3-way moving fixture in the liquid CO_2 cleaning system (LCO 2) , the most important thing is to calculate

the load applied to the fixture, this load leads to The linear direction changes according to the external force acting on it, such as the position of the center of gravity of the object being moved, the position of the thrust force, the inertia due to acceleration, deceleration during starting and stopping To choose the right type of Linear Guide, the magnitude of the applied load must be determined considering the above conditions. From there, the design of the moving fixture must be calculated to ensure quality and efficiency.

X-axis working length: 790 mm

Y axis working length: 1100 mm

Z axis working length: 400 mm

Impact force 2000 N

Calculate working load for cluster [13]

The load applied to the linear guide varies according to the external force acting on it, such as the position of the center of gravity of the object being moved, the position of the thrust that develops, the inertia due to acceleration and deceleration acceleration during starting and stopping, and resistance to machining. To select the correct type of Linear Guide, the magnitude of the applied load must be determined considering the above conditions.

Load calculation:

m : mass (kg); Ln: distance (mm)

Fn: External force (N); Pn: Effective load (N); Pn_T : Application load (N)

g: Gravitational acceleration (m/s^2)

V: Velocity

tn: time constant

1. Calculate the load for table Y

Case 1: Install in horizontal position to move the block with respect to the Y table (Fig. 1).

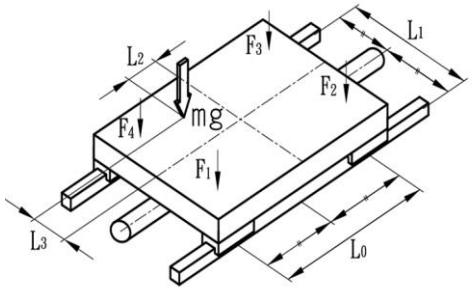


Fig. 1. Diagram of analysis of force acting on mounting plate Y for case 1

Application load equation:

$$F1 = \frac{mg}{4} + \frac{mgL2}{2L0} - \frac{mgL3}{2L1}$$

$$F2 = \frac{mg}{4} - \frac{mgL2}{2L0} - \frac{mgL3}{2L1}$$

$$F3 = \frac{mg}{4} - \frac{mgL2}{2L0} + \frac{mgL3}{2L1}$$

$$F4 = \frac{mg}{4} + \frac{mgL2}{2L0} + \frac{mgL3}{2L1}$$

Case 2: Install in overhanging horizontal position (move block with respect to Y). Measures linear or stationary movement (Fig. 2).

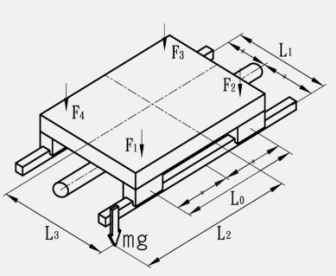


Fig. 2. Analysis diagram of the force acting on the mounting plate Y for case 2

We have the application load equation:

$$F1 = \frac{mg}{4} + \frac{mgL2}{2L0} + \frac{mgL3}{2L1}$$

$$F2 = \frac{mg}{4} - \frac{mgL2}{2L0} + \frac{mgL3}{2L1}$$

$$F3 = \frac{mg}{4} - \frac{mgL2}{2L0} - \frac{mgL3}{2L1}$$

$$F4 = \frac{mg}{4} + \frac{mgL2}{2L0} - \frac{mgL3}{2L1}$$

Case 3: Moving on linear guide rails in horizontal position (Fig. 3).

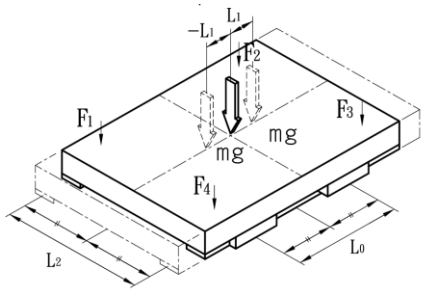


Fig. 3. Diagram of analysis of force acting on mounting plate Y for case 3

Application load equation:

$F1_{max} = F2_{max} = F3_{max} = F4_{max} = \frac{mg}{4} + \frac{mgL1}{2L0}$

$F1_{min} = F2_{min} = F3_{minutes} = F4_{min} = \frac{mg}{4} - \frac{mgL1}{2L0}$

Case 4: Placed in a horizontal position subject to inertia (Fig. 4).

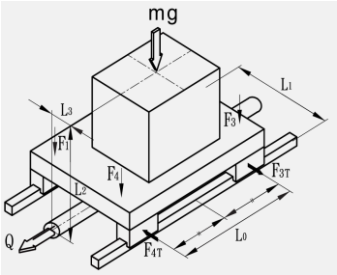


Fig. 4. Diagram of analysis of force acting on mounting plate Y for case 4

Application load equation:

$F_1 = F_4 = \frac{mg}{4} - \frac{mg.a1.L2}{2.L0.g}$

$F_2 = F_3 = \frac{mg}{4} + \frac{mg.a1.L2}{2.L0.g}$

$F_{1T} = F_{4T} = \frac{mg.a1.L3}{2.L0.g}$

$F_{2T} = F_{3T} = \frac{-mg.a1.L3}{2.L0.g}$

$F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = \frac{mg}{4}$

- Conclusion : We calculate according to case 1

$L_0 = 320$ mm

$L_1 = 600$ mm

$L_2 = 200$ mm

$L_3 = 240$ mm

$F_1 = \left|\frac{mg}{4} + \frac{mgL2}{2L0} - \frac{mgL3}{2L1}\right| = 17.76$ (N)

$F_2 = \left|\frac{mg}{4} - \frac{mgL2}{2L0} - \frac{mgL3}{2L1}\right| = 12.86$ (N)

$F_3 = \left|\frac{mg}{4} - \frac{mgL2}{2LO} + \frac{mgl3}{2L1}\right| = 6.73$ (N)

$F_4 = \left|\frac{mg}{4} + \frac{mgL2}{2L0} + \frac{mgL3}{2L1}\right| = 37.36$ (N)

2. Calculate the load for Z:

Case 1: Install in vertical position (Fig. 5).

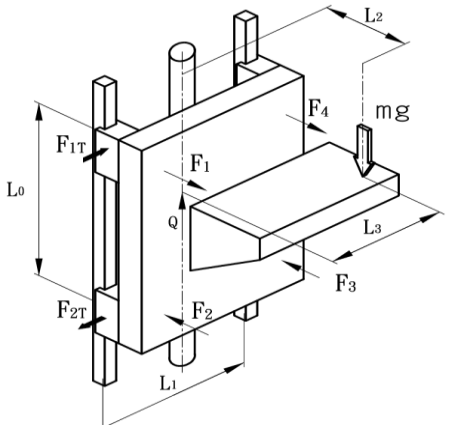


Fig. 5 . Diagram of analysis of force acting on bracket Z for case 1

Application load equation:

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = \frac{mgL2}{2L0}$$

$$F_{1T} = F_{2T} = F_{3T} = F_{4T} = \frac{mgL3}{2L0}$$

Case 2: Mounted in a vertical position subject to inertia (Fig. 6).

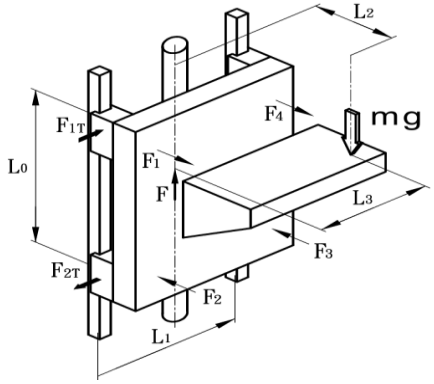


Fig. 6. Diagram of analysis of force acting on bracket Z for case 2

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = \frac{(mg+mg.a1/g).L2}{2.L0}$$

$$F_{1T} = F_{2T} = F_{3T} = F_{4T} = \frac{(mg+mg.a1/g).L3}{2.L0}$$

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = \frac{mg.L2}{2.L0}$$

$$F_{1T} = F_{2T} = F_{3T} = F_{4T} = \frac{mg.L2}{2.L0}$$

- Conclude : We calculate according to case 1.

L_0 =130 mm

L_1 = 180 mm

L_2 = 100 mm

L_3 = 60 mm

$F_1 = F_2 = F3 = F4 = \frac{mgl2}{2lo} = \frac{9,8 \times 100 \times 5}{2 \times 130} = 18.7$ N

$F_{1T} = F_{2T} = F_{3T} = F_{4T} = \frac{mgl3}{2lo} = \frac{9,8 \times 5 \times 60}{2 \times 130} = 12,7$ N

3. Calculate the load for X

We only consider the case: Measuring uniform straight or stationary motion on a flat surface (Fig. 7).

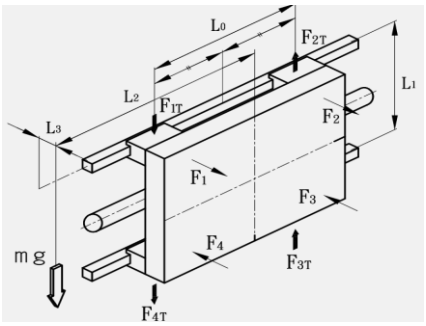


Fig. 7. Diagram of analysis of force acting on fixture X

Application load equation:

$F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = \frac{mgL3}{2L1}$

$F_{1T} = F_{4T} = \frac{mg}{4} - \frac{mgL2}{2L0}$

$F_{3T} = F_{2T} = \frac{mg}{4} + \frac{mgL2}{2L0}$

We have:

L_0 = 940

L_1 = 200

L2 = 470

L_3 =100

$F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = \frac{mgL3}{2l1} = 12.25$ (N)

$F_{1T} = F_{4T} = \frac{mg}{4} - \frac{mgL2}{2L0} = 0$ (N)

$F_T = F_{3T} = \frac{mg}{4} + \frac{mgL2}{2L0} = 24.5$ (N)

Calculate average working load (Fig. 8)**:**

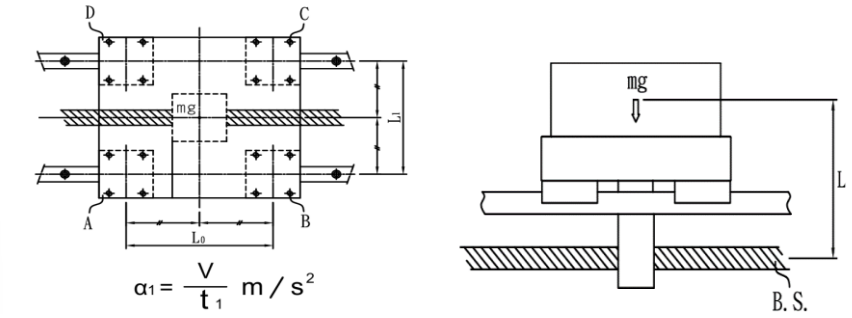


Fig. 8. Load applied to the linear guide block

According to the above analysis and calculation, we have:

*** Y axis** :

first. When moving uniformly:

$P_{Y1} = P_{Y2} = P_{Y3} = P_{Y4} = \frac{mg}{4} = \frac{5 \times 9.8}{4} = 12{,}25$ N

2. When accelerating:

$P_{Ya1} = P_{Y1} + \frac{m \times \alpha_1 \times L2}{2.Lo} = 12.4$ N

$P_{Ya2} = P_{Y2} + \frac{m \times \alpha_1 \times L2}{2.Lo} = 12.4$ N

$P_{Ya3} = P_{Y3} + \frac{m \times \alpha_1 \times L2}{2.Lo} = 12,4$ N

$P_{Ya4} = P_{Y4} + \frac{m \times \alpha_1 \times L2}{2.Lo} = 12.4$ (N)

3. When decelerating

$P_{Yd1} = P_{1-} \frac{m \times \alpha_1 \times L2}{2.Lo} = 12.09$ (N)

$P_{Yd2} = P_{2-} \frac{m \times \alpha_1 \times L2}{2.Lo} = 12.09$ (N)

$P_{Yd3} = P_{4-} \frac{m \times \alpha_1 \times L2}{2.Lo} = 12.09$ (N)

$P_{Yd4} = P_{4-} \frac{m \times \alpha_1 \times L2}{2.Lo} = 12.09$ (N)

With $\alpha_1 = \frac{V}{t1}$ m/s²

Choose V= 0.5 m/s , $t_1 = 5$

*** Z axis :**

first. When moving uniformly:

$Pz1 = Pz2 = P_{z3} = P_{z4} = \frac{mg}{4} = \frac{5 \times 9.8}{4} = 12{,}25N$

2. When accelerating:

$P_{za1} = P_{za2} = P_{za3} = P_{za4} = P_{z1} + \frac{m \times \alpha_1 \times L2}{2.Lo} = 12.28\ N$

3. When decelerating

$P_{zd1} = P_{zd2} = P_{zd3} = P_{zd4} = P_{z1} - \frac{m \times \alpha_1 \times L2}{2.Lo} = 12.21\ N$

With $\alpha_1 = \frac{V}{t1}\ m/s^2$.Choose V= 0.5 m/s , $t_1 = 5$

*** X axis :**

1.When moving uniformly:

$P_{x1} = P_{x2} = P_{x3} = Px4 = \frac{mg}{4} = \frac{5 \times 9.8}{4} = 12{,}25\ N$

2. When accelerating :

$P\ xa1 = P\ xa2 = P\ xa3 = P\ xa4 = P\ x1 + \frac{m \times \alpha_1 \times L2}{2.Lo} = 12.375\ N$

3. When decelerating :

$P_{xd1} = P_{xd2} = P_{xd3} = P_{xd4} = P_{x1} - \frac{m \times \alpha_1 \times L2}{2.Lo} = 12.125\ N$

With $\alpha_1 = \frac{V}{t1}\ m/s^2$. Choose V= 0.5 m/s , $t_1 = 5$

Design of 3-directional shift cluster x, y, z

1. Principle of movement in 3 directions [13]

Choose a slider and slider mechanism to make movement easier and more accurate.

The jig moves automatically in 3 directions: Fully automatic system. Dual cleaning chamber, with automatic conveyor belt to feed and remove workpieces after being cleaned automatically. Automation has been achieved in automatically feeding and retrieving workpieces.

Above set ga pandemic transfer will Okay install with faucet spray, di transfer faucet spray according to idea want. The table is equipped with a fixture to hold the part in place during the spraying process

*** Diagram of operating principle of 3-way moving jig:**

- Operating principle of X direction:

+ When the motor (6) is started, it will be transmitted through the vitme shaft (7) as the rotation axis. This causes the X slider to move to both sides according to the slider (8), and at the same time the Z axis mounting plate mounted on the slider also moves.

+ Working length X based on the machine model we choose is 700 mm .

- Z-direction operating principle:

+ When the engine (9) is started, it will be transmitted through the belt to make the shaft (10) move. Then the Z slider moves according to the slider (11), and at the same time the mounting plate (12) mounted on the slider also moves.

+ Working length on Z axis is 240 mm .

- Operating principle of Y direction:

+ When the engine (1) is started, it will be transmitted through the belt transmission (2). The belt transmission is connected to the mounting table, then the mounting table will move.

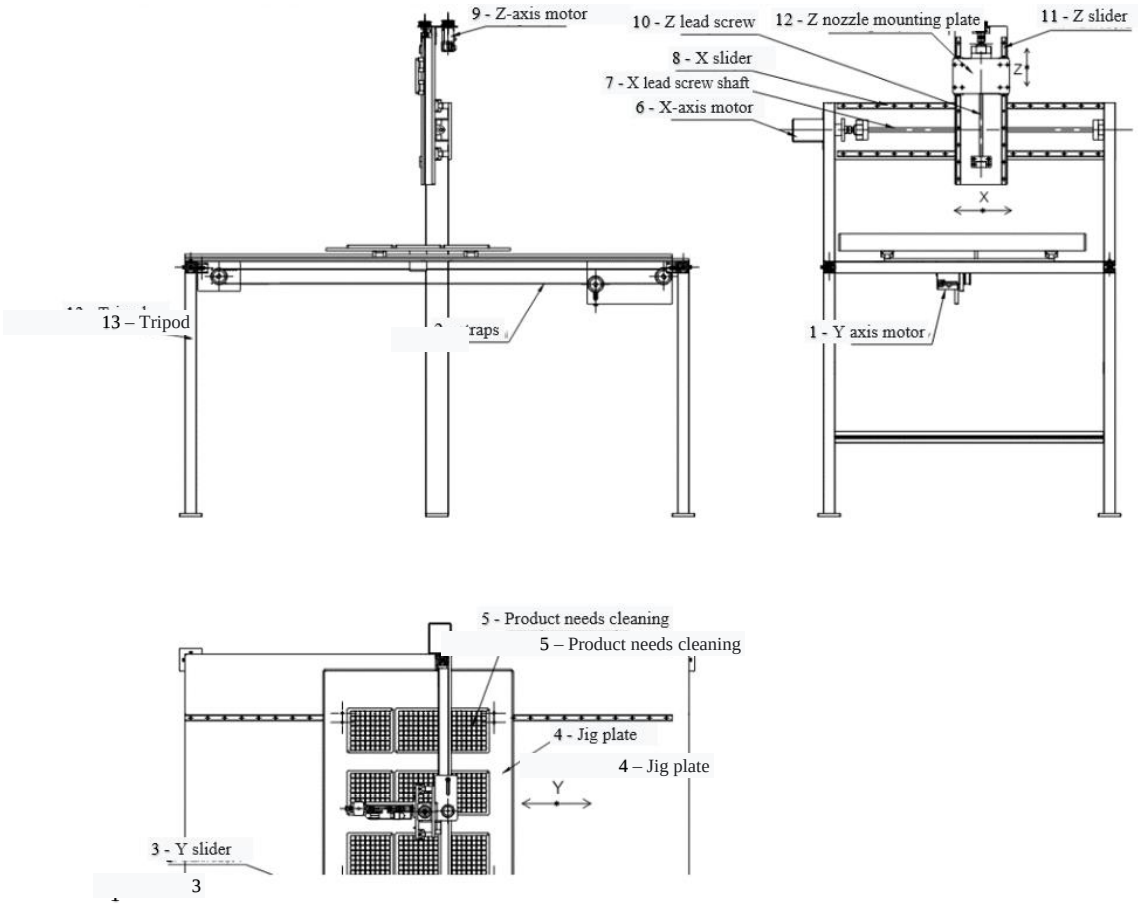


Fig. 9. Operating principle of the 3-way moving jig

+ Working length Y based on the machine model we choose is 1100 mm

*** Engine options:**

+ Servo motor is a part of the machine's motion control system hook. Dynamic muscle Servo bow grant force transfer dynamic need set give the set bag machine hook when transporting onion.

Original physical thing control Servo:

+ Servo motor has a permanent magnet rotor. Magnetic field created strong. The motor's stator will be wound onto the coils separately. After There, it is supplied with power and operates in the appropriate sequence to rotate rotor. When electricity is supplied to the coil at the right time, it rotates of the rotor will depend

on the phase of the current and the frequency of the current. The current will polarization and run in roll wire stator.

Servo motor is made up of a closed loop system. Output signal of The servo will be connected to the control circuit. When the motor rotates continuously, the speed and position mind will return next, transmit arrive this circuit.

When there are factors that affect rotation, preventing the motor from rotating then the feedback structure will receive a signal that has not reached the desired position. The circuit will continue thing correction these wrong deviated This give arrive When dynamic muscle obtain Okay taste mind and speed degree main body best.

*** Slider and slider selection:**

To be one set bag Okay concept concept use to only the set bag guide direction structure create from child slip, bar slip, pillow help,… they still exist Okay call with many things another name together like rails chase, bar ray guide direction, sliding rails guide direction,…

These types of mechanical guide rails operate thanks to linear motion advances between the slider block and the slider bar. You can easily see them at machine parts of CNC machines, packaging machines, woodworking machines, 3D printers, necklace product output,…

After When find understand the type bar slip, child slip then they me see select type scroll bar, child square slide To be edema unify opposite to with generation system.



Fig. 10. I slipped

This is one of the most popular types on the market today, capable of mechanical linear guidance to help the machine's mechanism move forward or backward automatically, accurately and smoothly. Compared to other types of guide rails such as round rails, this type of rail will meet the precision, stiffness and withstand 1.5 times heavier load. That is why this product is widely used.

This device will include 2 main parts as follows:

+ Sliding rails

+ Block slider

- Depending on the purpose of use, the slider will have different sizes, but the most common are still 15, 20 or 25 mm. And with that difference in size, the block slider also has different specifications.

- With many outstanding advantages, that is why they are used very commonly in industry, household appliances, life,...

+ Yes possible power bear load big, help effective response use Okay increase High.

+ They possess the ability to accurately guide, high durability and ability continuous operation. Accurate over long periods of time with speed degree big.

+ Set next small compact, easy history use. Too submit install put and tell maintain soy sauce opposite to easy easy.

+ Quality Whether do from fit needle steel and steel carry arrive degree hard durable belgium, sure definitely. Work Good in environment notch harsh.

+ Pine number and sample code Multi form, help People use Have much the choose choose for ever device, machine hook.

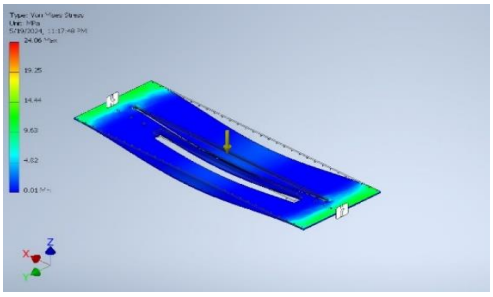
3.2. Check the durability of some details and detail assemblies

Check out some details:

- Stress and displacement of details:

Includes several details: Y slider support, X slider support, Z slider support.

- Impact force 2000N , 2-head mount, aluminum material.



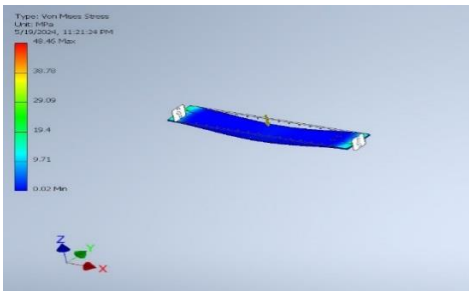


Fig. 11. Y slider plate Figure 12. X slider plate

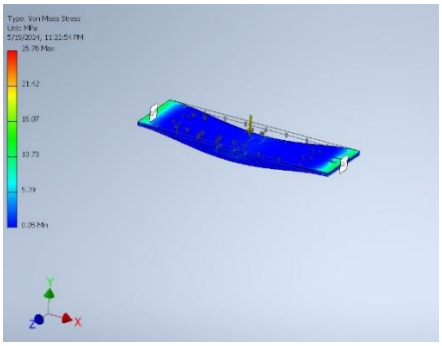


Fig. 12. Z slider catch plate

- Calculated and designed detailed body assemblies, 3-way displacement assemblies, electrical systems and control systems that are reasonable and have lower costs.

- The automatic 3-way moving fixture is connected to the controller and the nozzle on/off solenoid valve allows automating the automatic cleaning process, allowing us to increase productivity, ensuring series quality compared to manual cleaning methods.

References

1. Gap Su Han, Ki Pung Yoo, Jong Sung Lim, Young Hoon Kwon, “US Patent App. 11/499,546, 2007 ”
2. Robert Sherman; John Grob; Walter Whitlock, “ Journal of Vacuum Science & Technology B: Microelectronics and Nanometer Structures Processing, Measurement, and Phenomena, ” Jully 1991.
3. Gina L Weibei, Christpher K Ober, “ Microelectronic Engineering ”, January 2003
4. MwTurner, PLCrouse, Li Li, AJESmith, “ Applied Surface Science ”, April 30, 2006
5. W.Dale Spall, Kennen E.Laintz, “ Fundamentals, Technology and Applications 1998 ”.
6. Associate Professor, Dr. Phung Xuan Son – Hanoi University of Industry, State-level project (code: KC03.11-15): "Research, master the design and manufacture of machine surface cleaning systems using CO_2 "
7. "Research on the application of liquid CO_2 to clean stainless steel surfaces in the food production industry" , Journal of Food Science and Technology, Ho Chi Minh City University of Food Technology, 2016.
8. "Advantages and limitations of surface cleaning with liquid CO_2" , Science and Technology magazine, Hanoi University of Science and Technology, 2018.
9. “Cleaning product surfaces with liquid CO_2 gas”, Popular Science Electronic Newspaper, Ho Chi Minh City Institute of Science, Technology and Environment, 2017.
10. "Research on application of liquid CO_2 gas to clean material surfaces" , Vietnam Industrial Science and Technology Conference, Hanoi University of Science and Technology, 2015.
11. Prof.Dr. Nguyen Dac Loc, Associate Professor, PhD. Le Van Tien, Associate Professor, PhD. Ninh Duc Ton, Associate Professor. Dr. Tran Van Viet, " Machine manufacturing technology handbook 1 ", Hanoi Science and Technology Publishing House, 2007.
12. Prof.Dr. Nguyen Dac Loc, Associate Professor, PhD. Le Van Tien, Associate Professor, PhD. Ninh Duc Ton, Associate Professor. Dr. Tran Van Viet, " Machine manufacturing technology handbook 2 ", Hanoi Science and Technology Publishing House, 2005.
13. Project "Research on environmentally friendly technology to clean electronic component surfaces in high-tech manufacturing industries using advanced techniques using liquid CO_2 gas" ; Under program CT05, Hanoi Department of Science and Technology, project leader MSc. Vu Thi Hue

Phung Xuan Son
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Hanoi University of Industry
Vietnam, Hanoi
phungxuanson@haui.edu.vn
Vu Thi Hue
Master
Hanoi University of Industry
Vietnam, Hanoi
vuthihue@haui.edu.vn

RESEARCH, CALCULATION, DESIGN, MANUFACTURING OF LIQUID CO_2 INJECTOR SET

Abstract. Nozzles (LCO $_2$) to clean electronic components, cameras, phones, and computers. This article presents the results of research and calculation on the design of liquid CO_2 (LCO2) nozzles to clean electronic components, cameras, phones, and computers.

Keywords: LCO 2, liquid CO_2, moving fixture, nozzle.

During the process of calculating, designing and manufacturing LCO_2 nozzles (liquid CO 2), the important thing is to calculate the LCO_2 pipeline, from which to calculate the pressure and flow of LCO 2 through the nozzle as a basis for calculation. Nozzle design and calculation. It is necessary to calculate and design an LCO 2 spray system to ensure productivity and cleaning quality. Nozzles must be made from materials that can withstand low temperatures and high pressures, such as stainless steel or special alloys.

- Injection pressure:

+ Pressure range: 700 -1500 psi

+ Pressure adjustment: Able to adjust pressure to suit each type of surface and level of surface dirt.

2 flow:

+ Average flow: About 4 – 8 liters/minute

2 consumption: Optimized to minimize the amount of LCO_2 used during cleaning.

- Spray distance: 100 – 300 mm

Calculation and design of compressed air line and lco

AIR LINE

Calculation and design of compressed air pipelines [13]

Flow equation through the air duct:

$$Q = A .V (m^3/min)$$

In which: A is the cross-sectional area of the pipe: A = $\boldsymbol{\pi \cdot \frac{d^2}{4}}$

Air flow velocity V = 1 – 2 m/s

Q is the air flow through

$\Rightarrow Q = \pi \cdot \frac{d^2}{4}$. V = $5m^3$/ph

$\Rightarrow V = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot Q \cdot 1000000}{60.1000.\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot Q \cdot 100}{6 \cdot \pi \cdot d^2}$mm/s

$\Rightarrow d = 10 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{6 \cdot \pi \cdot v}}$.

Where d is the air duct diameter (mm).

At the air compressor output pipe (1) (Figure 1):

$d_1 = 10. \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{6 \cdot \pi \cdot v}} = 7.28 – 10.3$ mm

⇒ Select air compressor outlet pipe (1) d1 = 10 mm

At this time luck speed gas compressed Okay identify:

$V = \frac{4 \cdot Q \cdot 100}{6 \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{4.5 \cdot 100}{6 \cdot \pi \cdot 10^2} = 1.061$ mm/s

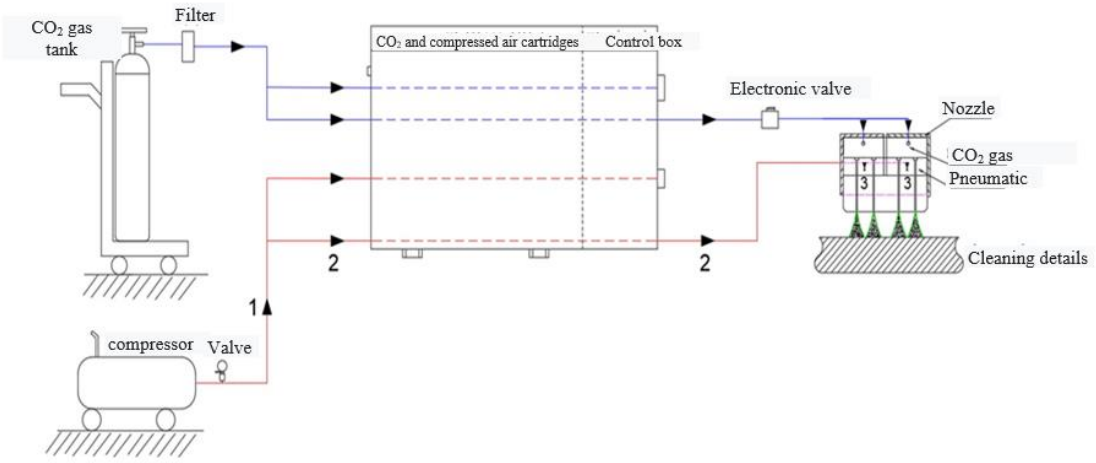


Fig. 1. Tissue describe the road go gas compressed

Consider branch pipe 2:

According to Bernualli's law we have:

$$P_2 = P_1 + \frac{1}{2}\rho \cdot (V_1^2 - V_2^2)$$

Where ρ is the density of the gas.

⇒So from the above formula we can see that if the pressure does not change, the operation will be speed gas Right alike together live chief 2 head: Q = A .V

Q flow bag reduce Go one half to V Are not replace change the cross-sectional area A also Right reduce one half:

$$A_2 = \pi \cdot \frac{d_2^2}{4} = \frac{A_1}{2} = \pi \cdot \frac{d_1^2}{8} = \frac{25\pi}{2} \approx 39{,}27 \text{ mm} \Rightarrow d_2 = 7{,}07 \text{ mm}$$

⇒ Select the compressed air pipe in branch 2 as d_2= 7 mm

Consider branch pipeline 3, similarly , the gas flow through pipeline 3 is half the gas flow. through the pipe 2:

$$A_3 = \pi \cdot \frac{d_3^2}{4} = \frac{A_1}{4} = \pi \cdot \frac{d_1^2}{16} = \frac{25}{4}\pi \approx 19{,}635 \text{ mm}^2 \Rightarrow d_3 = 5\text{mm}$$

Select the compressed air pipeline in branch $3 d_3 = 5$ mm

Gas compressed enter faucet spray bag stool branch on 38 head spray, ie To be reduce Go 38 that time to hold original luck speed is present accumulation head nozzle also will reduce Go 38 time:

$$A_i = \frac{A_2}{38} \approx 2{,}066\ mm^2$$

This area is a scarf-shaped area because in the middle there is an air line LCO $_2$ = 0.4 mm

$$A_i = \pi \cdot (R^2 - r^2) = 2{,}066 \Rightarrow R = 0.9$$

⇒Select the inside diameter of the compressed air nozzle to be 1 mm.

Calculate LCO $_2$ gas pipeline (Figure 2, 3) [13]

Working pressure 60 bar

Consumption 15g/minute. With a gas density in the liquid state of 1101 kg/m^3 , we have a gas flow rate of 1.36.10 $^{-5}$ m ^{3} /ph.

$d = 0{,}4$ mm $\Rightarrow A = \pi \cdot \frac{d^2}{4} = \frac{\pi}{25} = 0{,}126\ (mm^2) = 1.2566.10^{-7} m^2$

$V = \frac{Q}{A} = 108{,}42$ m/ph

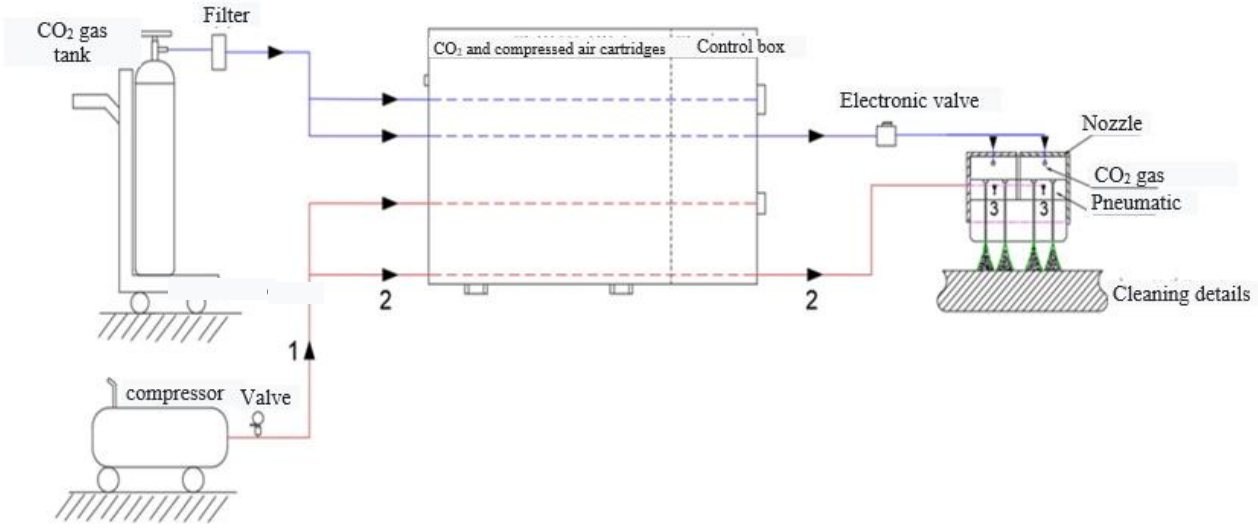


Fig 2. Road description go to LCO_2

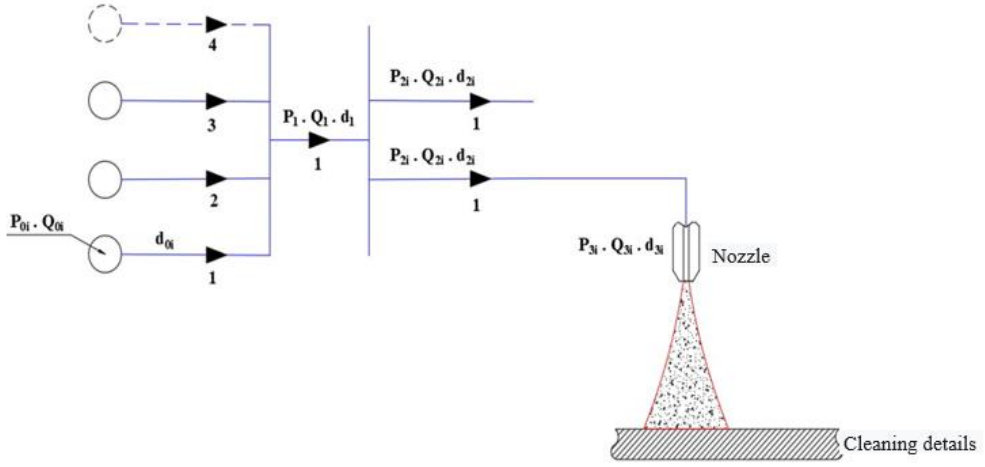


Fig. 3. Pine number total can LCO_2 gas line

Considering branch (3), gas flow through pipe (3): Q = 1.36. $10^{-5}.\frac{38}{2}$ ≈2,584. 10^{-4}m^3/ph.

$$Q = 1.36 \,.\, 10^{-5}.\ \frac{38}{2} = 2{,}584.10^{-4}\ \frac{m^3}{ph}$$

$A = \frac{Q}{V} = \frac{2{,}584.10^{-4}}{108{,}42} \approx 2.38.\ 10^{-6}\ m^2 = 2.38$ mm

$A = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \Rightarrow d_3 = 1.74$ mm

= 1.061 mm/s

Consider branch (2):

$Q = 2{,}584 \,.\, 10^{-4}.\, 2 = 5{,}168 \,.10^{-4}\ \frac{m^3}{ph}$

$A = \frac{Q}{V} = \frac{5{,}168.10^{-4}}{108{,}42} = 4.77.10^{-6}\ m^2 = 4.77 mm^2$

$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_2 = 2.46$ mm

Choose a diameter of $d_3 = 2.5$ mm

Consider branch (1)

$Q = 5{,}168.\ 10^{-4}.\ 2 = 5{,}168.10^{-4}\ \frac{m^3}{ph}$

$A = \frac{Q}{V} = \frac{10{,}336.10^{-4}}{108{,}42} = 9{,}533^{-6}\ m^2 = 9{,}533 mm^2$

$A = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \Rightarrow d_1 = 3.48$ mm

Choose a diameter of $d_1 = 3.5$ mm

Overall design of air duct diameter.

- $Q_1 = \sum_{i=1}^{n} Q_{0i}$
- $P_1 = \frac{2 \cdot Q_1 \mu}{\pi^4 . 1}$
- $Q_{2i} = \frac{Q_1}{2}$
- $P_{2i} = \frac{2 \cdot Q_{2i} \mu}{\pi^4 \cdot 2i}$
- $Q_{3i} = \frac{Q2i}{i\ v\grave{o}i}$
- $P_{3i} = \frac{2 \cdot Q_{3i} \mu}{\pi^4 \cdot 3i}$
- In there:
- P: pressure (bar)
- Q : Flow rate (m^3/s)
- μ: Viscosity
- d: Pipe diameter

From there we have the calculation formulas in table 1.

Table 1

Gas line parameters

Q_1	P_1	Q_{2i}	P_{2i}	Q_{3i}	P_{3i}	d_{0i}	d_1	d_{2i}	D_3
$\sum_{i=1}^{n} Q0i$	$\frac{2.Q1.\mu}{\pi . d_1^4}$	$\frac{Q1}{2}$	$\frac{2.Q2i.\mu}{\pi . d_{2i}^4}$	$\frac{Q2i}{i\ v\grave{o}i}$	$\frac{2.Q3i.\mu}{\pi . d_{3i}^4}$	$ten.\sqrt{\frac{4.Q0i}{6.\pi.v}}$	$ten.\sqrt{\frac{4.Qi}{6.\pi.v}}$	$ten.\sqrt{\frac{4.Q2i}{6.\pi.v}}$	$ten.\sqrt{\frac{4.Qi}{6.\pi.v}}$

a) In case of 34 nozzles:

Minimum flow per nozzle is 15 g/min. So with 34 nozzles, we have the source flow to use:

$$Q_1 = \sum_{i=1}^{34} 2.\, Q_{3i} = 15.\ 34.\ 2 = 1020\ g/min$$

With a flow rate of 1020 g/min = 0.0086 g/s, source pressure is 60 bar, LCO (m^3/min) viscosity is 0.07. 10^{-3}.

+ In case of using 1 bottle:

$$\Rightarrow\ d_{01} = d_1 = \sqrt[4]{\frac{2\cdot Q_1 \mu}{\pi \cdot p}} = \sqrt[4]{\frac{2.0{,}0086.0{,}07.10^{-3}}{\pi \cdot 60}} \approx 0.00894 \text{ m} = 9 \text{ mm}.$$

With a 45 kg tank, usage flow is 1020 g/min, continuous usage time is t = $\frac{45}{1{,}02} \approx$ 44 minutes

+ In case of using 16 bottles:

At this time, the flow rate each tank needs to provide is:

$$Q_{0i} = \frac{Q_1}{\text{i}} = \frac{1020}{16} = 63.75 \text{ g/min} = 0.000573 m^3/s$$

The diameter of the pipe connected to the gas tank nozzle is:

$$d_{0i} = \sqrt[4]{\frac{2\cdot 0{,}000537\cdot 0{,}07.10^{-3}}{\pi \cdot 60}} \approx 0.0045 \text{ m3/s} = 4.5 \text{ mm}$$

Continuous use time: t = $\frac{45.16}{1{,}02} \approx$705.88 minutes ≈11,765 hours

Through 2 cases of using 1 tank and 16 tanks, we can see that when using 16 tanks, the flow needed for each tank is less than when using 1 tank, so the pipe diameter used is also smaller, the usage time is also smaller. usage also increased. We chose the design plan of 16 bottles. At this point, workers can use it continuously for one work shift without worrying about running out of gas (table 2).

Table 2

line parameters for 34-hole nozzle and using 16 LCO $_2$ cylinders

Q_1 (g/min)	P_1 (bar)	Q_{2i} (g/min)	P_{2i} (bar)	Q_{3i} (g/min)	P_{3i} (bar)	d_{0i} (mm)	d_1 (mm)	d_{2i} (mm)	d_{3i} (mm)	T (hour)
1020	60	510	9.24	15	220,126	4.5	9	twelfth	0.4	11,765

With a pipe d_{2i} = 12 mm, the flow rate in each pipe is d_{2i} is:

$$Q_{2i} = \frac{Q_1}{2} = \frac{1020}{2} = 510 \text{g/min} = 0.0043 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pressure running in pipeline:

$$P_{2i} = \frac{2Q_{2i}\mu}{\pi \cdot d_{2i}^4} = \frac{2.0{,}043.0{,}07.10^{-3}}{\pi \cdot \left(\frac{12}{1000}\right)^4} = 9.24 \text{ bar}$$

Nozzle with spray diameter of 0.4 mm

The flow rate of each nozzle is: Q_{3i} = 15g/min = 0.0001265 m ^{3} /s

The pressure at the nozzle is: $P_{3i} = \frac{2Q_{3i}\mu}{\pi \cdot d_{3i}^4} = \frac{2.0{,}0001265.0{,}07.10^{-3}}{\pi \cdot \left(\frac{0{,}4}{1000}\right)^4} = 220{,}126$ bar

b) In case of single nozzle

Single nozzle uses small CO_2 flow rate. The minimum spray flow rate of the nozzle is 15g/min, so the flow rate used by LCO $_{2\text{ tank}}$ is Q_{0i} = 15.2 = 30 g/min

⇒With 1 tank, the continuous time is: t = $\frac{45}{0,03}$ ≈1500 minutes = 25 hour

So we choose the option of using 1 CO_2 cylinder. This option is integrated into the moving jig. We can install the tank with a forklift and a jig with a wheeled table so it can be moved to the workplace (Figure 4).



Fig. 4. Mobile fixture

Similarly, we can calculate the table 3.

Table 3

LCO 2 line parameters of single nozzle with 1 LCO 2 tank

Q1 (g/min)	P1 (bar)	Q2i (g/min)	P2i (bar)	Q3i (g/min)	P3i (bar)	d0i (mm)	d1 (mm)	d2i (mm)	d3i (mm)	t (hour)
30	60	30	60	15	220,126	3.7	3.7	twelfth	0.4	25

Calculate and design nozzles (table 4).

Table 4

3 types of single nozzles with different specifications suitable for different surfaces

Type	Faucet spray pepper standard	Nozzle for hard materials	Faucet spray power capacity
Image image			
Click h CO_2 meter	Small than 40 μm	Small than 200 μm	Small than 500 μm
Quantity CO_2 consumption	Approximately 15g/min	Approximately 15/min	Approximately 105g/min
Item destination	When a small cleaning force is required, for surfaces sensitive have a cold with facial damage	Force do clean live average level, in case surface hardness is guaranteed	Force do clean very large and surface hardness must be guaranteed
Application use	Removes fine particles and organic residues that cannot be removed to zero gas above surface surface of the semiconductor Super sensitive, precise etc	Type cancel the seed adhesives and contaminants other together on the surface of parts in the semiconductor, display sector and general industrial areas	Removes fingerprints, burrs etc in semiconductor, display field and general industrial areas, copper time Removes strong contaminants above surface face belong to the set department etc

Nozzle

Have 2 type faucet spray To be faucet spray single and faucet spray type bar (much head spray) (Figure 5, 6).



Fig. 5. Single nozzle

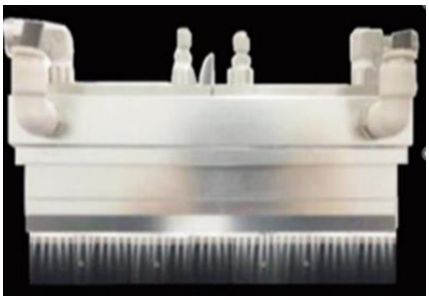


Fig. 6. Bar nozzle

❖ Faucet single spray:

Faucet spray bar (Figure 7, 8): The bar nozzle includes many nozzles (34 nozzles). The nozzle structure is similar to a single nozzle. Increase working area, thereby helping to increase cleaning productivity.

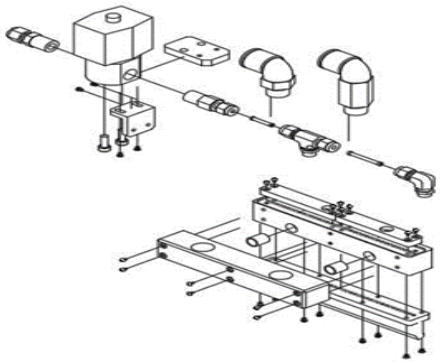


Fig. 7. 1 compartment nozzle

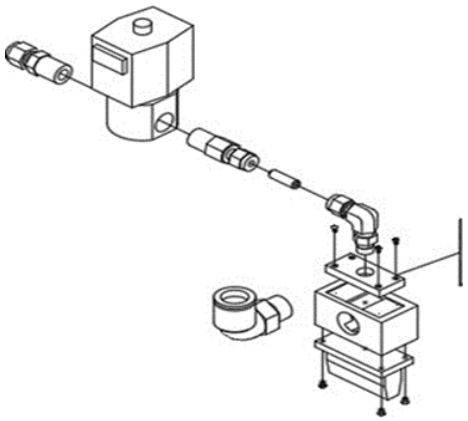


Fig. 8. 2 compartment nozzle

There are 2 types: 1 spray door type and 2 spray door type.

Calculating nozzle design [13]

During the design and manufacturing process, with the help of design software, we have been able to limit many errors. Helps the design and manufacturing

process to be completed, reducing economic costs and reducing the number of testing experiments. Improve productivity and quality of nozzle products (Figure 9).

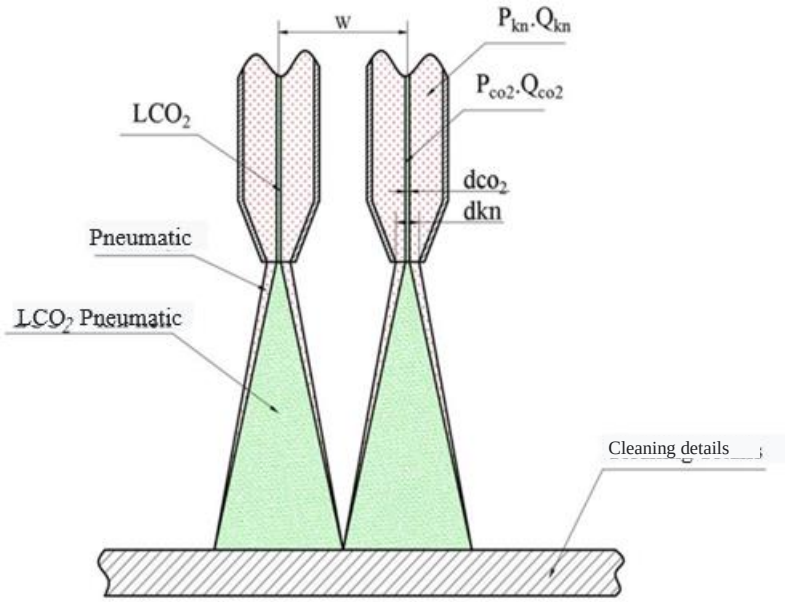


Fig. 9. Description of nozzle parameters

Refer to the machine models of Korean company IMT currently on the market, we have a working distance of 100 – 300 mm.

Calculate the injection pressure at a point 100 mm from the nozzle

To calculate the injection gas pressure at a point 100 mm from the nozzle

$$P_2 = P_1 - (\frac{1}{2}.pV^2) - p.g.h$$

In there:

- P_2 : Pressure capacity in point faucet way spray 100 mm
- P_1: Initial pressure
- p: gas density
- V: Velocity of $CO_{2\ gas}$
- g: Gravitational acceleration
- h: Spray distance

Substituting numbers we get:

$P_2 = 60000 - \left(\frac{1}{2} \cdot 1101 \cdot \left(\frac{108}{3600}\right)^2\right) - (1101.\ 9.81.\ 0.1) = 58920.52\ kg/m^2$

≈58.92 bar

Calculate the spray width:

Binet formula for gas extrusion width: $D = 2.R.\sqrt{\frac{\rho \cdot V}{L.P}}$

In there:

- d: Spray width
- R: Binet coefficient equal to billion number between road glasses nozzle and approx way spray

- P: $_{CO2}$ pressure
- V: Fortune speed LCO_2
- L: About way spray
- : CO ρ_2 density

$R = \frac{0,4}{100} = 0.004$

$P = 60$ Bar $= 60.10^{5}$ Pa

$V = 1.36.\ 10^{-5}$m/ph

$L = 0.1$ m

$\rho = 1101$ kg/m^3

Substituting numbers we get:

$D = 2.0.004.\sqrt{\frac{60.10^{5}.1,36.10^{-5}}{0,1.1101}} = 6,887.\ 10^{-3}$mm $= 6.887$ mm

⇒So take the distance between the center and the nozzle as 6.5 mm.

- Manufacturing the nozzle body: With the technological parameters calculated above, it is used to calculate, design and manufacture the nozzle set as shown in Figure 10, which is a nozzle set with 34 spray holes.

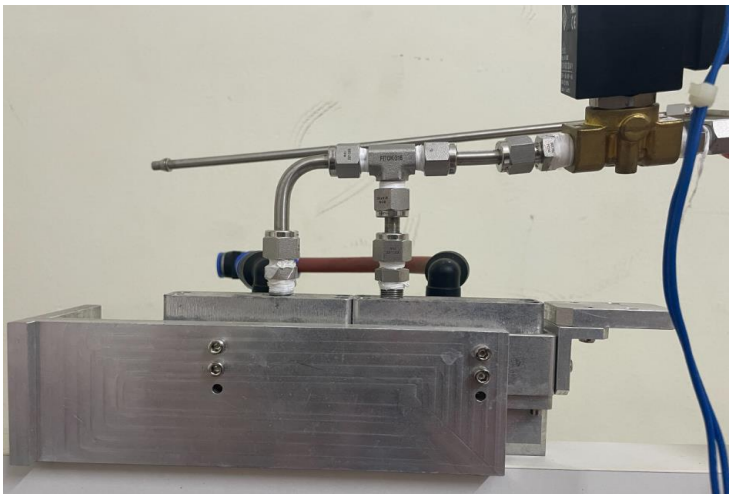


Fig. 10. Image of the manufactured 34-hole nozzle

Hole nozzle need to meet design criteria: Spray distance from 100-300 mm; The number of spray holes is 34 holes, the spray hole diameter is 0.4 mm, contributing to improved performance and safety when cleaning the surface of electronic equipment and components. Ensuring these criteria helps optimize the cleaning process, does not damage the surface, saves costs and protects the environment, while ensuring greater safety for operators.

References

1. Gap Su Han, Ki Pung Yoo, Jong Sung Lim, Young Hoon Kwon, “US Patent App. 11/499,546, 2007 ”
2. Robert Sherman; John Grob; Walter Whitlock, “ Journal of Vacuum Science & Technology B: Microelectronics and Nanometer Structures Processing, Measurement, and Phenomena, ” Jully 1991.
3. Gina L Weibei, Christpher K Ober, “ Microelectronic Engineering ”, January 2003

4. MwTurner, PLCrouse, Li Li, AJESmith, “ Applied Surface Science ”, April 30, 2006
5. W.Dale Spall, Kennen E.Laintz, “ Fundamentals, Technology and Applications 1998 ”.
6. Associate Professor, Dr. Phung Xuan Son – Hanoi University of Industry, State-level project (code: KC03.11-15): "Research, master the design and manufacture of machine surface cleaning systems using CO_2 "
7. "Research on the application of liquid CO_2 to clean stainless steel surfaces in the food production industry" , Journal of Food Science and Technology, Ho Chi Minh City University of Food Technology, 2016.
8. "Advantages and limitations of surface cleaning with liquid CO_2" , Science and Technology magazine, Hanoi University of Science and Technology, 2018.
9. “Cleaning product surfaces with liquid CO_2 gas”, Popular Science Electronic Newspaper, Ho Chi Minh City Institute of Science, Technology and Environment, 2017.
10. "Research on application of liquid CO_2 gas to clean material surfaces" , Vietnam Industrial Science and Technology Conference, Hanoi University of Science and Technology, 2015.
11. Prof.Dr. Nguyen Dac Loc, Associate Professor, PhD. Le Van Tien, Associate Professor, PhD. Ninh Duc Ton, Associate Professor. Dr. Tran Van Viet, " Machine manufacturing technology handbook 1 ", Hanoi Science and Technology Publishing House, 2007.
12. Prof.Dr. Nguyen Dac Loc, Associate Professor, PhD. Le Van Tien, Associate Professor, PhD. Ninh Duc Ton, Associate Professor. Dr. Tran Van Viet, " Machine manufacturing technology handbook 2 ", Hanoi Science and Technology Publishing House, 2005.
13. Project "Research on environmentally friendly technology to clean electronic component surfaces in high-tech manufacturing industries using advanced techniques using liquid CO_2 gas" ; Under program CT05, Hanoi Department of Science and Technology, project leader MSc. Vu Thi Hue.

Шульц О.А.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
shulz.oa@bk.ru
Левина Т.А.
к.э.н., доцент, заведующая кафедрой
Московский политехнический университет
Россия, Москва
gta03@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ SAAS-ИНСТРУМЕНТОВ С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ В IT-КОМПАНИЯХ

Аннотация. В быстроразвивающейся сфере как IT, важно применять инструменты, которые помогут оптимизировать рабочие процессы. Также стремление к налаживанию процессов внутри компании обуславливается тем, что необходимо растить MRR компании и всегда оставаться востребованными на жестко конкурентном рынке. В помощь приходят SaaS-инструменты, которые закрывают большинство операционных задач. Одной из ключевых тенденций SaaS является его интеграция с другими облачными технологиями, такими как Платформа как услуга (PaaS) и инфраструктура как услуга (IaaS).

Это позволяет компаниям создавать более комплексные и интегрированные решения, которые могут легко адаптироваться к изменениям в бизнес-среде.

Ключевые слова: SaaS, PaaS, IaaS, IT.

Shulz O.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia Moscow
shulz.oa@bk.ru
Levina T.A.
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
gta03@mail.ru

A STUDY OF SAAS TOOLS TO OPTIMIZE WORK PROCESSES IN IT COMPANIES

Abstract. In a rapidly developing field like IT, it is important to apply tools that will help to optimize work processes. Also, the desire to optimize the processes inside the company is conditioned by the fact that it is necessary to grow MRR of the company and always remain in demand in a fiercely competitive market. SaaS tools that cover most of the operational tasks come to the rescue. One of the key trends in SaaS is its integration with other cloud technologies such as Platform as a Service (PaaS) and Infrastructure as a Service (IaaS). This allows companies to create more comprehensive and integrated solutions that can easily adapt to changes in the business environment.

Keywords: SaaS, PaaS, IaaS, IT.

SaaS – это инструменты программного обеспечения, которые работают через Интернет с использованием облачных сервисов. Программное обеспечение (SaaS) – одна из самых быстрорастущих моделей облачных вычислений, предоставляющая пользователям доступ к программному обеспечению через Интернет [19].

В последние годы наблюдается значительный рост внедрения SaaS-решений, обусловленный технологическими инновациями и изменениями в бизнес-моделях.

Одной из ключевых тенденций SaaS является его интеграция с другими облачными технологиями, такими как Платформа как услуга (PaaS) и инфраструктура как услуга (IaaS).

Это позволяет компаниям создавать более комплексные и интегрированные решения, которые могут легко адаптироваться к изменениям в бизнес-среде.

Достижения в области искусственного интеллекта и машинного обучения также оказывают значительное влияние на SaaS, предоставляя возможности для автоматизации процессов, улучшения аналитики и персонализации взаимодействия с пользователями.

Типы облачных моделей, с которыми могут интегрироваться SaaS-решения:

1. Ifrastructure as a Service (IaaS)

Модель предоставления облачной инфраструктуры в виде сервиса. Эта платформа предлагает технические ресурсы, необходимые для развертывания и эксплуатации собственного программного обеспечения [19].

Она идеально подходит для компаний, которые нуждаются в дополнительных вычислительных мощностях, но не имеют возможности инвестировать в собственные инфраструктурные ресурсы. Среди известных примеров таких сервисов можно назвать следующие IBM SoftLayer, GigaCloud, Microsoft Azure и Kubernetes.

2. Backups as a Service (BaaS)

Резервное копирование как услуга – это приложение, обеспечивающее резервное копирование данных в облачное хранилище. Такой подход обеспечивает надежное хранение данных, снижая риск их потери.

3. Disaster Recovery as a Service (DRaaS)

При возникновении нештатной ситуации – завершения работы системы, данное приложение может восстановить утраченные данные, что значительно минимизирует риски потери данных.

4. Platform as a Service (PaaS)

Платформа предлагает не только программные и аппаратные ресурсы в качестве сервиса, но и их использование. Эти разработки будут полезны для технического отдела компании, например, для разработчиков и специалистов DevOps, так как предлагают интегрированные инструменты для разработки, тестирования и развертывания приложений. Примерами подобных платформ являются Cloud Big Data от VK и Oracle Business.

К числу основных преимуществ SaaS относится его масштабируемость. Пользователи могут самостоятельно увеличивать или уменьшать количество используемых сервисов в зависимости от своих потребностей. Это делает SaaS привлекательным для предпринимателей и быстрорастущих компаний [19].

SaaS также предоставляет возможность оплачивать услуги на основе подписки, что позволяет организациям более эффективно планировать и контролировать расходы на ИТ.

Поставщики SaaS уделяют большое внимание безопасности и конфиденциальности данных. Ключевые механизмы безопасности, такие как шифрование информации, многофакторная аутентификация и регулярные проверки безопасности, обеспечивают надежную защиту данных.

В то же время SaaS-провайдеры обязаны соблюдать различные нормативные требования и стандарты, такие как GDPR и ISO 27001, что является

одним из факторов, повышающих доверие клиентов к этим решениям и сокращающих время принятия решения об их покупке.

В настоящее время существует несколько основных направлений SaaS [19], которые направлены на удовлетворение определенных потребностей и задач.

Горизонтальный SaaS относится к приложениям, которые широко применимы во многих отраслях или организациях. Такие решения предоставляют функции или услуги, применимые в широком диапазоне бизнес-среды, часто без необходимости серьезной настройки.

Известными примерами такого программного обеспечения являются системы управления взаимоотношениями с клиентами (CRM), такие как HubSpot, и платформы для маркетинга электронной почты, такие как MailChimp.

Вертикальный SaaS относится к более специализированными и ориентированы на одну конкретную отрасль или тип организации – например, здравоохранение, розничную торговлю или государственное управление – с функциями, адаптированными к этим рынкам. Такая направленность позволяет выполнять более сложные настройки, а также глубже понимать потребности рынка.

В качестве примера можно привести программное обеспечение для ведения медицинской документации для поставщиков медицинских услуг или инструменты финансовой отчетности для крупных корпораций [24].

Управление SaaS включает в себя комплексные решения для управления корпоративными коммуникациями и взаимодействием. К решениям для совместной работы относятся платформы для видеоконференций, мессенджеры, системы документооборота и инструменты для совместной работы. Наиболее значимыми из них являются те, которые обеспечивают эффективное взаимодействие сотрудников вне зависимости от их географического положения. Это особенно важно в контексте удаленной работы. По мнению экспертов, среди каждого направления SaaS можно выделить несколько типов, которые наиболее востребованы на рынке электронной коммерции [19]:

1. Бухгалтерский SaaS

Бухгалтерские SaaS-решения – это эффективный и экономичный способ управления бухгалтерскими процессами для малых и средних предприятий. Они позволяют компаниям надежно хранить свои финансовые данные и получать доступ к своим счетам с любого компьютера с доступом в Интернет.

К примерам облачных решений для бухгалтерии можно отнести следующие сервисы:

1. Xero
2. FreshBooks
3. Zoho Books
4. Sage 50 (ранее Peachtree)
5. QuickBooks.

2. Система управления контентом (CMS) SaaS

CMS предназначена для управления, создания и изменения контента, представленного на онлайн площадках.

Система управления контентом не требует глубоких знаний в прокламирование и именно это делает ее доступной практически для всех. Кроме того, CMS предоставляет пользователям множество функций, которые значительно сокращают время на реализацию поставленных задач.

Система включает в себя [12]:

1. Визуальный интерфейс. Редактор содержимого страниц, разделы, в которых можно массово управлять контентом. Административная панель таких систем обычно дает возможность полноценно администрировать сайт, не трогая код.

2. Хранилище элементов и баз данных. Собственный менеджер контента позволяет загружать в систему изображения и файлы, размещать их на страницах. Сюда относятся фотографии товаров, иллюстрации к статьям, прикрепленные документы, иконки, детали дизайна и прочие элементы. Информация о наполнении, профили пользователей и другие важные записи хранятся именно там.

3. Система для управления отношениями с клиентами (CRM) SaaS

CRM-система (customer relationship management) – это способ управления взаимоотношениями с клиентами и оптимизации бизнес-процессов. При помощи системы управления CRM, можно организовать работу с клиентами, отслеживать их действия и автоматизировать коммуникации.

К крупным игрокам на рынке в сфере CRM можно отнести следующие компании:

1. Salesforce
2. Microsoft Dynamics 365
3. HubSpot
4. Zoho CRM
5. Pipedrive.

Каждая CRM система может быть отнесена к одной из этих категорий, в зависимости от задач, которые она может решить:

1. Операционные CRM-системы. С помощью них можно автоматизировать повторяющиеся задачи, тем самым направить ресурсы компании на более приоритетные задачи.

2. Аналитические CRM-системы. Огромные базы данных с информацией, которая касается клиентов и бизнеса, позволяют получить исчерпывающую информацию о клиентах и их деятельности.

3. Коллективные CRM-системы. Обеспечивают повышение эффективности взаимодействия между разными отделами организации.

4. Планирование ресурсов предприятия (ERP) SaaS

ERP – это SaaS-инструмент для компаний любого размера, позволяющий лучше управлять бизнес-процессами. Инструмент помогает оптимизи-

ровать процессы по управлению запасами и заказами, планированию операций, управлению взаимоотношениями с клиентами, управлению ресурсами предприятия и задачи финансового учета.

К минусам ERP-систем можно отнести:

1. Сложность. Необходимо специальное обучение работников, которые будут работать непосредственно с данными системами.

2. Наличие мощного оборудования. Помимо компьютера для запуска системы у пользователя, нужны серверы, на которых будут выполнятся расчеты, консолидироваться и хранится информация. Ключевой задачей для обеспечения нормального функционирования системы является создание надежной и оперативной инфраструктуры.

3. Надежная система безопасности. Система предусматривает постоянное взаимодействие между подразделениями в сетевом режиме. Поэтому важно обеспечить протоколы безопасности для избежания утечки данных.

К примерам передовых программ можно отнести SAP и 1С.

5. SaaS-приложения для управления проектами

Программное обеспечение для управления проектами – это инструмент, который организации используют для планирования, выполнения и мониторинга проектов. Они используются для повышения эффективности путем создания продуктивных рабочих процессов и обеспечения подотчетности членов команды.

Команды могут использовать его для управления различными проектами и задачами, сохраняя при этом четкость коммуникаций для всех участвующих сторон. Это снижает вероятность недопонимания и ошибок, а значит, сокращает время и риски.

6. Коммуникационные SaaS-приложения

В последние годы популярность коммуникационного программного обеспечения значительно возросла, в основном из-за глобальной пандемии. В настоящее время люди по-прежнему используют эти инструменты в качестве основного способа общения, особенно в компаниях с удаленной работой и международных компаниях.

Используя веб-технологии по видео коммуникации, можно проводить встречи с коллегами и партнерами, у которых нет доступа для офлайн встречи.

Тем самым SaaS приложения дают возможность всегда оставаться на связи для оперативного получения важной информации.

К крупным игрокам на рынке в сфере SaaS коммуникиции можно отнести:

1. Google Meet

2. Zoom

7. Приложения HR SaaS

Программные решения HR (Human Resources) предлагают облачные сервисы, которые позволяют организациям эффективно управлять данными о сотрудниках и создавать упорядоченный HR-процесс от найма до выхода

на пенсию. Это экономит время и минимизирует административные расходы, связанные с традиционными процессами управления персоналом.

8. SaaS-приложения для ведения бухгалтерских счетов

Для отслеживания поступления и отправки платежей важно иметь систему, которая сможет быстро обрабатывать такого рода запросы. Помимо этого, сервисы смогут исключить человеческий фактор и тем самым убрать риск потери важной информации.

По итогам анализа инструментов SaaS были изучены и выявлены наиболее актуальные программы для оптимизации работы разных отделов компании.

Список литературы

1. Решения, которые драйвят продажи // 24ТТЛ URL: https://24ttl.ru/ (дата обращения: 01.03.2024).
2. Corporate strategy and the theory of firm in the digital age. URL: https://www.linkedin.com/pulse/impact-digitalization-corporate-strategy-theory (Дата обращения 12.04.2024)
3. Клочко С.Н. Оценка эффективности внедрения информационных технологий в систему бухгалтерского учёта на предприятии // Проблемы и перспективы экономики и управления. 2017. с. 101-107.
4. Jira Review: 2022 Features & Pricing // developer.com URL: https://www.developer.com/project-management/jira-review/ (дата обращения: 16.04.2024).
5. Asana Project Management Software Review // developer.com URL: https://www.developer.com/project-management/asana-project-management-review/ (дата обращения: 16.04.2024).
6. SaaS: виды облачных решений, модели и 19 примеров для бизнеса // Neiros URL: https://neiros.ru/blog/business/saas-vidy-oblachnykh-resheniy-modeli-i-19-primerov-saas-dlya-biznesa/ (дата обращения: 05.05.2024).
7. Маркетинговое исследование Интернет-торговля в России 2024 // Data Insight URL: https://datainsight.ru/eCommerce_2023 (дата обращения: 05.05.2024).
8. 14 SaaS-трендов: вертикальные решения, микро-надстройки и интеграция // VC.RU URL: https://vc.ru/future/357161-14-saas-trendov-vertikalnye-resheniya-mikro-nadstroiki-i-integraciya (дата обращения: 11.04.2024).
9. SAAS, LOW-CODE, NO-CODE: ВЫГОДНО ВСЕМ // smartgopro.com URL: https://smartgopro.com/novosti2/SaaS (дата обращения: 11.06.2024).
10. SaaS: что это за сервисы и как они помогают бизнесу // Skillbox URL: https://skillbox.ru/media/management/saas-chto-eto-za-servisy-i-kak-oni-pomogayut-biznesu/ (дата обращения: 06.06.2024).

СЕКЦИЯ 4. АВТОМАТИКА И РОБОТОТЕХНИКА

Далечин А.С.
аспирант
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Россия, Москва
dalechin.as.99@gmail.com
Научный руководитель: ***Феофанов А.Н.***
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Россия, Москва
feofanov.fan1@yandex.ru

ФРАГМЕНТ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ КОМПОНОВКИ ДВУХСТОРОННЕГО АГРЕГАТНОГО СТАНКА

Аннотация. Выполнен анализ текущего состояния станкостроительной отрасли в стране и выявлены потребности в оборудовании для крупносерийного производства. Представлена к рассмотрению компоновка двухстороннего агрегатного станка. На основе ранее разработанного оригинального алгоритма автоматизированного синтеза компоновки двухстороннего агрегатного станка по расположению обрабатываемых плоскостей детали рассмотрен фрагмент автоматизированной системы. Приведены возможности фрагмента по подготовке компоновок станков с вертикальным и с горизонтальным расположением узлов. Предложены рекомендации по использованию фрагмента автоматизированной системы для подготовки компоновки двухстороннего агрегатного станка. Выявлен потенциальный вклад использования фрагмента автоматизированной системы в развитие инженерного мышления при проектировании станков для массового и крупносерийного производства. Проанализированы перспективы дальнейшего развития алгоритма и расширение возможностей рассмотренного фрагмента автоматизированной системы.

Ключевые слова: станки, станкостроение, агрегатные станки, компоновки агрегатных станков, система визуализации станков.

Dalechin A.S.
Postgraduate Student
MSUT «STANKIN»
Russia, Moscow
dalechin.as.99@gmail.com
Scientific Advisor: ***Feofanov A.N.***
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department
MSUT «STANKIN»
Russia, Moscow
feofanov.fan1@yandex.ru

A FRAGMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR PREPARING THE LAYOUT OF A TWO-SIDED TRANSFER MACHINE

Abstract. The analysis of the current state of the machine tool industry in the country has been carried out and the needs for equipment for large-scale production have been identified. The

layout of a two-sided transfer machine is presented for consideration. Based on the previously developed original algorithm for automated synthesis of the layout of a two-sided transfer machine according to the location of the processed planes of the part, a fragment of an automated system is considered. The possibilities of the fragment for the preparation of machine layouts with vertical and horizontal arrangement of nodes are given. Recommendations on the use of a fragment of an automated system for preparing the layout of a two-sided transfer machine are proposed. The potential contribution of using a fragment of an automated system to the development of Engineering thinking in the design of machines for mass and large-scale production has been identified. The prospects for further development of the algorithm and the expansion of the capabilities of the considered fragment of the automated system are analyzed.

Keywords: machine tools, machine design, rotary transfer machine, layouts of rotary transfer machines, machine visualization system.

Практически каждое машиностроительное предприятие использует на своем производстве металлорежущее оборудование, которое является важной частью многих производственных процессов. Одновременно с этим, возможность производить современные и конкурентоспособные изделия машиностроения в условиях ограниченного времени неразрывно связана с возможностями станочного парка, которым обладает производственное предприятие в текущий момент времени. Следовательно, проектирование отечественного технологического оборудования под нужны промышленных организаций является одной из наиболее приоритетных задач в России.

В условиях, когда необходимо поддержать крупносерийный и массовый выпуск продукции при возросших объемах промышленного производства [1], [2] вопрос уменьшения трудоемкости проектирования технологического оборудования становится ключевым. Одним из таких видов станков, способных обеспечить указанные требования, является агрегатный станок (АС) состоящий из унифицированных и кинематически не связанных между собой агрегатов [3]. Как правило, агрегатные станки предназначены для обработки сложных деталей с использованием различных методов механической обработки деталей. Они предназначены для использования в крупносерийном производстве и обладают высокой производительностью, гибкостью и возможностью относительно быстрой переналадки. Как следствие, снижение трудоемкости проектирования и конструирования такого рода оборудования позволит значительно повысить устойчивость промышленных предприятий при освоении новых изделий.

Настоящая задача является продолжением исследования вопроса по автоматизированному синтезу компоновок АС в пакете прикладных программ T-Flex, рассмотренного в [4]. То есть, по ранее разработанному алгоритму подготовки компоновок двухстороннего АС, предлагается к рассмотрению фрагмент автоматизированной системы, позволяющий создавать компоновки АС по параметрам обрабатываемой заготовки. В частности, в ранее упомянутом алгоритме была определена обобщенная деталь, устанавливаемая на плоскость поворотного делительного стола станка (ПС) и имеющая

две обрабатываемые рабочие плоскости РП1 и РП2. Положение плоскостей детали относительно плоскости стола задается углами 1 и 2, соответственно.

Задачей синтеза компоновок АС занимались коллективы авторов. Например, вопросом подготовки компоновок АС с минимальными затратами занимаются исследователи в статье [5]. В работе рассматривается уменьшение предполагаемой стоимости АС путем группирования технологических операций и выставления им приоритетов с последующим сведением поставленной задаче к задаче о кратчайшем пути. Подобный подход с применением модульного принципа построения технологических процессов представлен в работе [6]. Авторы поставили перед собой цель снижения себестоимости станка при компоновке и перекомпоновке путем оптимизации технологических маршрутов изготовления деталей на АС. Демонстрация работы данного алгоритма представлена на детали из автомобилестроительной отрасли промышленности. Важным этапом при разработке автоматизированной системы возможных визуализированных компоновок АС является подготовка базы данных (БД) основных размеров узлов АС. Данный вопрос поднимается в статьях [7-8]. Авторы предлагают подход по подготовке БД, учитывая особенности унифицированных узлов АС, а именно единый ряд присоединительных размеров и габаритов. Тем не менее, упомянутые труды не в полной мере раскрывают задачу по автоматизации создания компоновок АС и в малой степени рассматривают синтез компоновки АС по параметрам обрабатываемой заготовки.

Практическая значимость, предложения и результаты внедрений, результаты экспериментальных исследований

Следующим шагом после подготовки алгоритма, рассмотренного в [4], является подготовка исходной компоновки узлов АС и установление связей между позицией обработки детали и ориентацией узлов АС относительно заготовки.

Ключевой особенностью описанного выше алгоритма является создание компоновки АС исходя из расположения обрабатываемой плоскости заготовки. В данном фрагменте системы таких расположений два – 0º и 90º относительно плоскости планшайбы поворотного делительного стола, места, где размещаются заготовки. То есть, при обработке горизонтальной (0º) поверхности заготовки, необходимо скомпоновать узлы для вертикальной обработки, при обработке вертикальной (90º) поверхности нужно подобрать компоновку узлов для горизонтальной обработки.

Далее для всех возможных комбинаций расположения узлов подготовлены подсборки, отражающие конкретную компоновку узлов, то есть для угла первой позиции 0º и угла второй позиции 0º, 0º и 90º, 90º и 90º и 90º и 0º, соответственно. Каждая подсборка изменяется при задании различных исходных данных, обозначенных в предыдущем разделе. Пример подсборки компоновки АС с углами 0º и 90º представлен на рисунке 1.

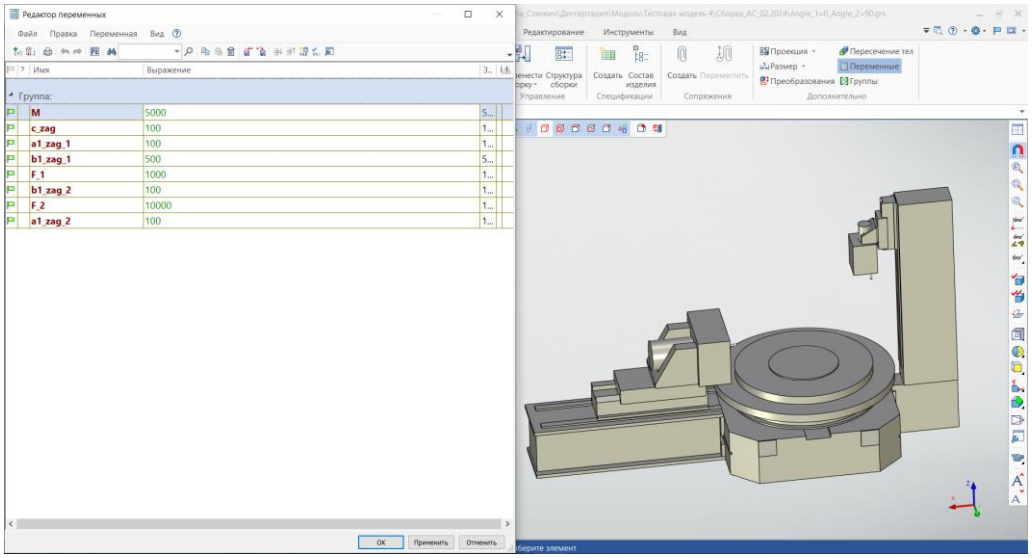


Рис. 1. Пример подсборки компоновки АС с углами 0° и 90°

Следующим шагом является объединение подсборок в единую общую сборку и заданием условий для работы модели.

Для этого в головной сборке создана переменная **$Position,** отвечающая за изменение положений узлов, рисунок 2. Изменение переменной происходит путем ввода значений углов в созданные переменные **Angle_1** и **Angle_2**.

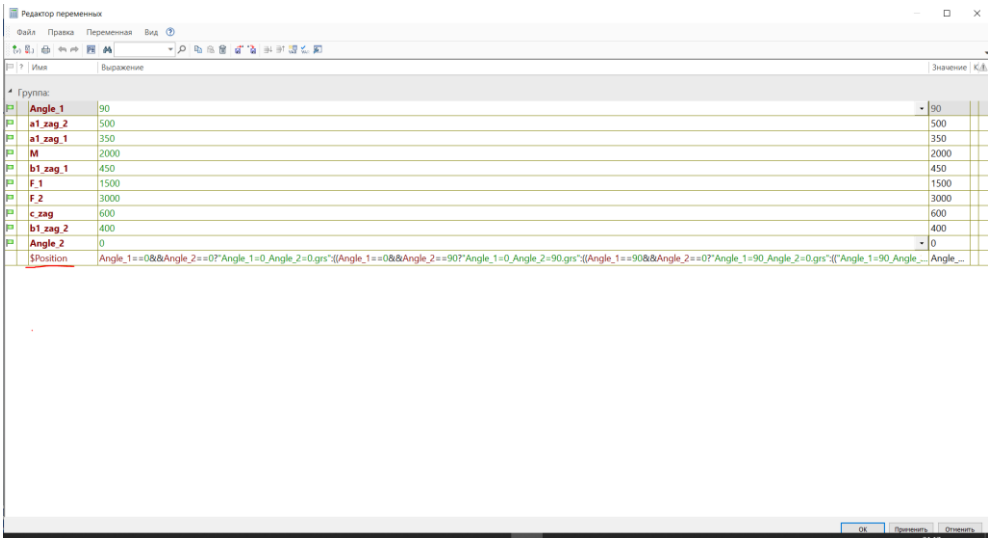


Рис. 2. Создание переменной $Position

Ссылка для работы с переменной размещается в параметрах 3D-фрагмента, рисунок 3.

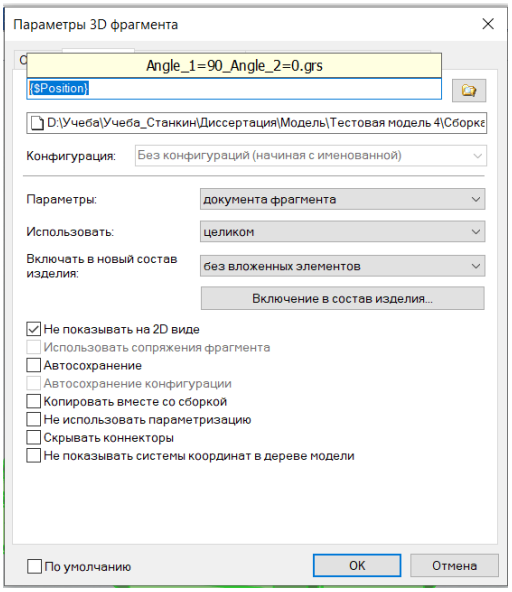


Рис.3. Ссылка для работы с переменной $Position

Итогом служит подготовленная модель, создающая компоновку узлов исходя из заданного положения обрабатываемой плоскости детали и изменяющаяся исходя из параметров технологического процесса.

Завершающим этапом подготовки фрагмента автоматизированной системы создания компоновок АС является оформление пользовательского интерфейса взаимодействия, рисунок 4.

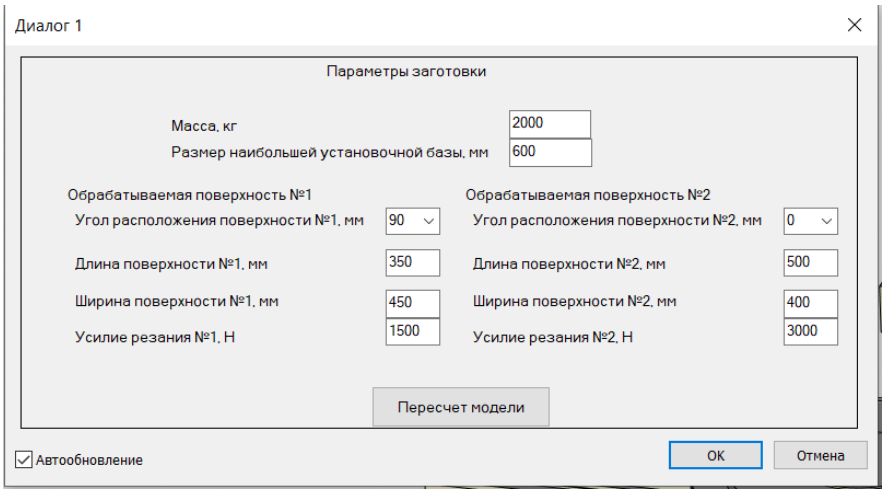


Рис.4. Интерфейс фрагмента автоматизированной системы создания компоновок АС

На первом этапе пользователь вводит данные обрабатываемой заготовки, её массу в килограммах для двух позиций вместе с приспособлениями-спутниками и размер наибольшей установочной базы в миллиметрах.

Так как фрагмент автоматизированной системы предназначен для создания компоновки двухстороннего АС, необходимо заполнить входные данные для каждой из сторон. В первую очередь задается угол расположения

плоскости обработки 0º или 90º, который необходимо выбрать из выпадающего списка. Далее нужно указать длину и ширину обрабатываемой поверхности или же размер обрабатываемой зоны, охватываемой прямоугольником в миллиметрах. Затем вводится предварительно рассчитанное усилие резания в Ньютонах.

После ввода всей необходимой информации необходимо нажать кнопку **Пересчет модели** и фрагмент автоматизированной системы перестроит модель по введенной информации.

В результате проведенной работы по алгоритмизации задачи синтеза компоновок АС предложен алгоритм создания компоновок в автоматизированном режиме, детально рассмотренный в [4]. Практическое использование алгоритма по созданию фрагмента автоматизированной системы подготовки компоновок АС предложено в настоящей работе. Отмечено, что указанный фрагмент нацелен снизить трудоемкость проектирования агрегатного оборудования.

Список литературы

1. Рост промышленности в России в пять раз превысил уровень 2022 года // Интернет-портал газеты РБК URL: https://www.rbc.ru/economics/31/01/2024/65ba64589a794776cf49b625 (дата обращения: 28.04.2024).

2. На заводе ГК LD выпустили 1,1 млн латунных шаровых кранов LD Pride за июль месяц // Портал о сантехнической арматуре KRANI.SU URL: https://krani.su/news/item/na-zavode-gk-ld-vypustili-11-mln-latunnykh-sharovykh-kranov-ld-pride-za-iyul-mesyats-7631/ (дата обращения: 28.04.2024).

3. Брон Л.С., Зайцева А.М., Токарева С.В. Унифицированные узлы агрегатных станков и автоматических линий. – 69 изд. – Москва: НИИмаш, 1983. – 136 с.

4. Далечин, А. С. Разработка алгоритма фрагмента автоматизированной системы для создания компоновки двухстороннего агрегатного станка / А. С. Далечин, А.Н. Феофанов // Современные тенденции развития инструментальных систем и металлообрабатывающих комплексов : сборник трудов научно-технической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники Российской Федерации доктора технических наук, профессора А.А. Рыжкина, Ростов-на-Дону, 25 января 2024 года. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2024.

5. Optimal design of rotary transfer machines with turrets / O. Battaia, A. Dolgui, N. Guschinsky, G. Levin // IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline) : Proceedings – INCOM'12, 14th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, Bucharest, 23–25 мая 2012 года. Vol. 14, PART 1. – Bucharest: Elsevier, 2012. – P. 407-412. – DOI 10.3182/20120523-3-RO-2023.00416.

6. Tullio. Tolio, Marcello Urgo Design of flexible transfer lines: A case-based reconfiguration cost assessment // Journal of Manufacturing Systems. – 2013. – №32. – p. 325-334.

7. Волкова, Г. Д. Концептуальное моделирование задачи "Размещение вспомогательного оборудования" в процессе проектирования агрегатных станков / Г. Д. Волкова, А. Н. Ерохин, Е. Б. Фролов // Наука сегодня: тенденции развития и вызовы: Материалы всероссийской научно-практической конференции, Вологда, 16 ноября 2016 года. – Вологда: Общество с ограниченной ответственностью "Маркер", 2016. – С. 5-9.

8. Феофанов, А. Н. Разработка базы данных унифицированных узлов агрегатных станков / А. Н. Феофанов, А. В. Потапов // Вестник МГТУ "Станкин". – 2009. – № 3(7). – С. 8-12.

У Цюе
стажер
Московский политехнический университет
Россия, Москва
gg1253366@gmail.com
Рачков М.Ю.
д.т.н., профессор
Московский политехнический университет
Россия, Москва
michyur@gmail.com
Адылина А.П.
к.т.н., доцент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
dmitr1eva@mail.ru

АВТОНОМНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МОБИЛЬНЫЙ РОБОТ

Аннотация. Рассматривается автономный технологический мобильный робот, способный автоматически преодолевать препятствия по результатам измерений расстояния до препятствия и его высоты. Разработан алгоритм трансформации робота по информации с ультразвукового датчика. Выработаны рекомендации по оптимальным режимам использования датчика на мобильном роботе для определения параметров препятствия во время его движения.

Ключевые слова: мобильный робот, система управления, алгоритм трансформации, информационный контур, ультразвуковой датчик.

Wu Que
Intern
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
gg1253366@gmail.com
Rachkov M.Yu.
Doctor of Technical Sciences, Professor
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
michyur@gmail.com
Adylina A.P.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
dmitr1eva@mail.ru

AUTONOMOUS TECHNOLOGICAL MOBILE ROBOT

Abstract. An autonomous technological mobile robot is considered that is capable of automatically overcoming obstacles based on the results of measuring the distance to the obstacle and its height. An algorithm for transforming a robot using information from an ultrasonic sensor has been developed. Recommendations have been developed for optimal modes of using a sensor on a mobile robot to determine the parameters of an obstacle while it is moving.

Keywords: mobile robot, control system, transformation algorithm, information circuit, ultrasonic sensor.

В условиях чрезвычайных ситуаций и при проведении опасных для человека операций необходимо доставить соответствующее технологическое, инспекционное или спасательное оборудование в рабочую зону в автоматическом режиме. Удобным решением задачи является использование мобильных роботов, имеющих указанное оборудование на своем борту и обеспечивающих качество выполнения работ.

Автономные мобильные роботы должны преодолевать препятствия в случае невозможности их обхода. Для определения параметров препятствий используются различные датчики обнаружения [1]. Конструкция рассматриваемого реконфигурируемого колесно-гусеничного мобильного робота [2, 3] позволяет преодолевать препятствия при подъеме колес относительно гусениц на определенный угол, который определяется размерами препятствия, превышающими высоту гусеничной платформы.

Алгоритм реконфигурации робота

Схема мобильного робота приведена на рисунке 1.

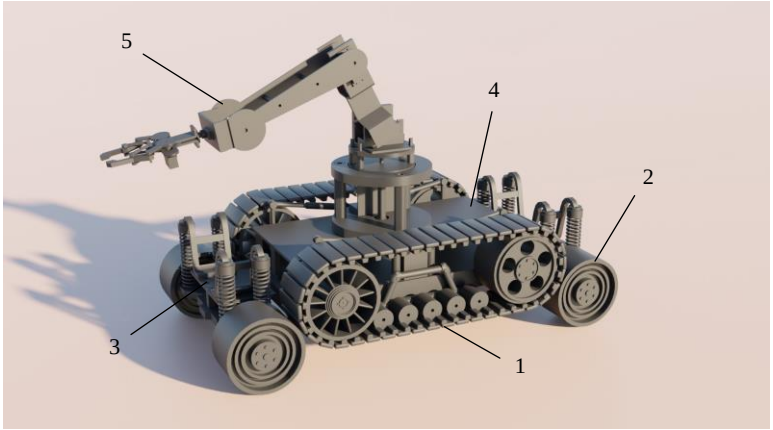


Рис. 1. Схема мобильного робота:
1 – гусеничная группа, 2 – колесная группа, 3 – рычажная система, 4 – платформа, 5 – технологическое оборудование (манипулятор)

Робот имеет два гусеничных движителя, расположенных по бокам платформы, и два колесных движителя, установленных спереди и сзади платформы между гусеничными группами. Особенностью является то, что оси колесных движителей связаны с платформой посредством рычагов, привод которых размещен на платформе с возможностью перемещения колесных движителей по вертикали относительно платформы. Длина рычагов может варьироваться, что позволяет трансформировать робот для преодоления различных препятствий. Также на колесах предусмотрены выдвижные эле-

менты, которые могут быть выполнены в виде шипов. Такое решение позволяет увеличивать диаметр колес и повышать их проходимость. Технологическое оборудование, например, манипулятор, располагается на платформе.

Состав информационного контура робота показан на рисунке 2.

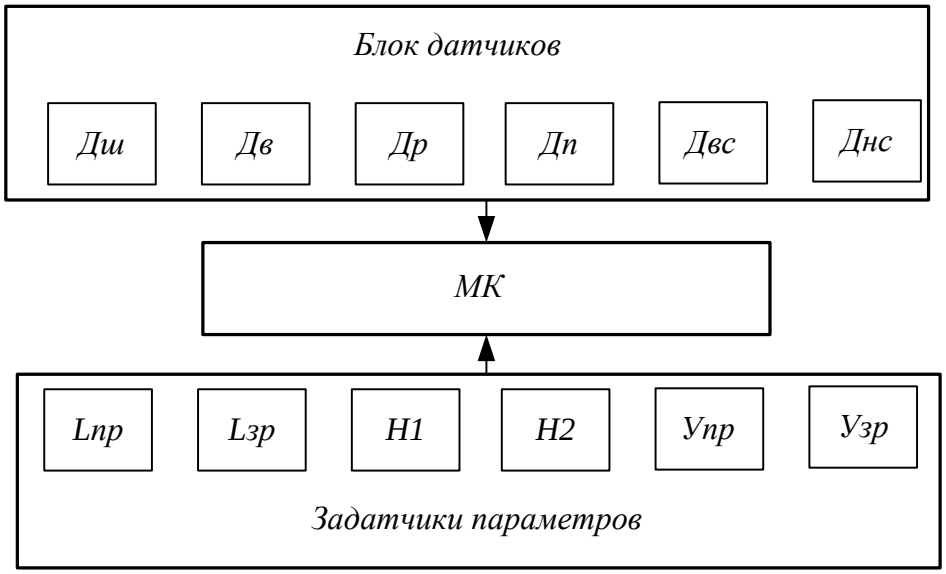


Рис. 2. Состав информационного контура робота:
Дш – датчик ширины препятствия, Дв – датчик высоты препятствия, Др – датчик расстояния до препятствия, Дп – датчик угла наклона платформы, Двс – датчик наличия верхней ступени лестницы, Днс – датчик наличия нижней ступени лестницы, Lпр – длина переднего рычага, Lзр – длина заднего рычага, H1 – высота шипов передних колес, H2 – высота шипов задних колес, Упр – угол наклона переднего рычага, Узр – угол наклона заднего рычага, МК – микроконтроллер

Получая информацию с датчиков о положении и препятствиях, микроконтроллер подает сигналы для изменения конфигурации параметров конструкции, а именно, длин рычагов, высот шипов и углов наклона рычагов [4]. При перемещении робота меняется текущая информация, получаемая с датчиков, и микроконтроллер на основе этой информации формирует соответствующие управляющие сигналы на приводную систему.

Для определения расстояния до препятствия и высоты препятствия с достаточной точностью могут использоваться ультразвуковые датчики, которые определяют параметры препятствия по характеристикам отраженной ультразвуковой волны. Для исследования эффективности функционирования ультразвукового датчика в составе робота для преодоления препятствий был создан экспериментальный макет робота, схема которого приведена на рисунке 3.

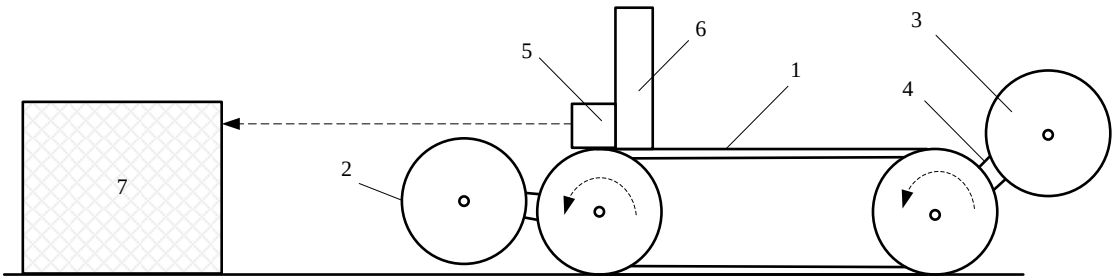


Рис. 3. Схема экспериментального макета робота

Макет робота состоит из гусеничной платформы 1, на которой установлены передняя и задняя колесные группы 2 и 3 с выдвижными рычагами 4. На передней части платформы расположен ультразвуковой датчик 5, который в свою очередь закреплен на каретке 6 с энкодером с возможностью вертикального перемещения датчика вдоль каретки для определения расстояния до препятствия и его высоты. Испытуемый ультразвуковой датчик типа HC-SR04 имеет рабочую частоту 40 Гц, рабочее напряжение 5В и рабочий ток 15 мА. Диапазон измерений составляет от 0,02 м до 4 м. Датчик подключается к аналоговому входу контроллера VEX EDR.

При движении робота датчик находится в нижней части каретки, лоцируя пространство перед собой. Препятствия ниже положения датчика преодолеваются гусеничной платформой без задействования колесных групп. При появлении в зоне измерения датчика препятствия высотой больше высоты гусеничной платформы, робот отслеживает это расстояние до момента, позволяющего достать до препятствия передней колесной группой с учетом доступной длины выдвижения рычагов. После этого робот останавливается, и датчик начинает движение по каретке вверх до момента исчезновения отраженного от препятствия сигнала, что соответствует верхнему краю препятствия, определяющему его высоту (рис. 4).

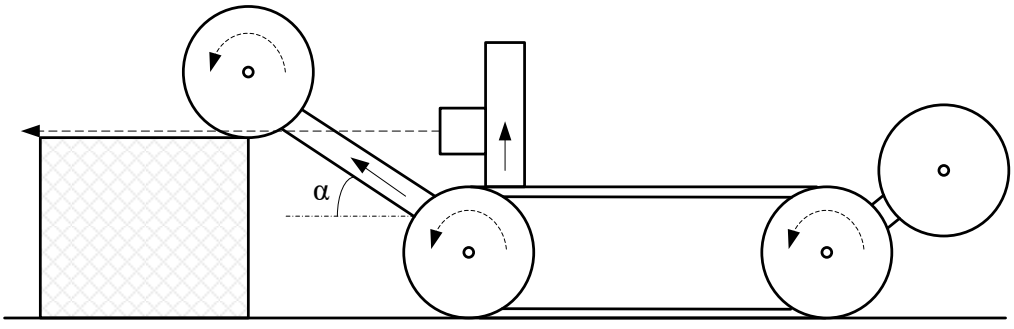


Рис. 4. Определение параметров реконфигурации

Имея информацию о расстоянии до препятствия и о его высоте, вычисляется угол подъема рычагов и производится выдвижение колес до опоры на препятствие. Далее привод колес продолжает движение по поверхности препятствия, подтягивая за собой гусеничную платформу (рис. 5).

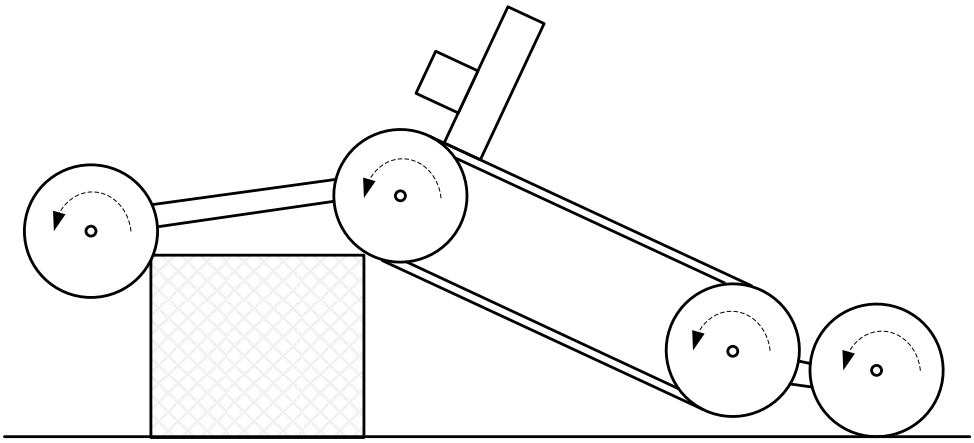


Рис. 5. Преодоление препятствия

Далее задействуется гусеничный привод, и при необходимости, привод задней колесной группы и привод выдвижения шипов передней колесной группы.

Первым параметром, необходимым для проведения реконфигурации робота, является расстояние до препятствия. На диапазоне измерения датчика были проведены испытания при скоростях робота 30 мм/с, 60 мм/с и 120 мм/с для выявления влияния скорости передвижения и момента измерения расстояния. Результаты фиксировались, когда робот с датчиком проходил заданное расстояние до препятствия из твердого картона с шириной, сравнимой с измеряемым расстоянием. Это расстояние изображено на рисунке 6, 7 и 8 прямой линией. Графики построены по статистически обработанным значениям для серии из 10 испытаний. Например, на расстоянии 500 мм (рис. 6) погрешность измерения отсутствует на границах диапазона скоростей, а на средних скоростях относительная погрешность составляет порядка 10%, что является приемлемым отклонением для своевременного определения расстояния до препятствия. На расстоянии 3000 мм динамическая характеристика на всем диапазоне скоростей отличается от стационарной на относительную погрешность измерения менее 1% (рис. 7), при этом максимальная погрешность наблюдается при скорости 60 мм/с.

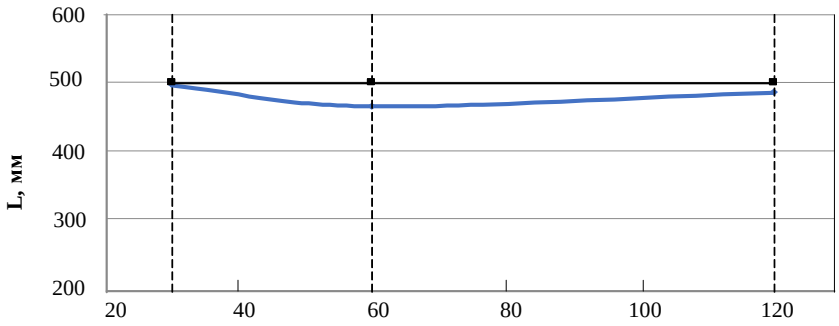


Рис. 6. Заданное расстояние 500 мм

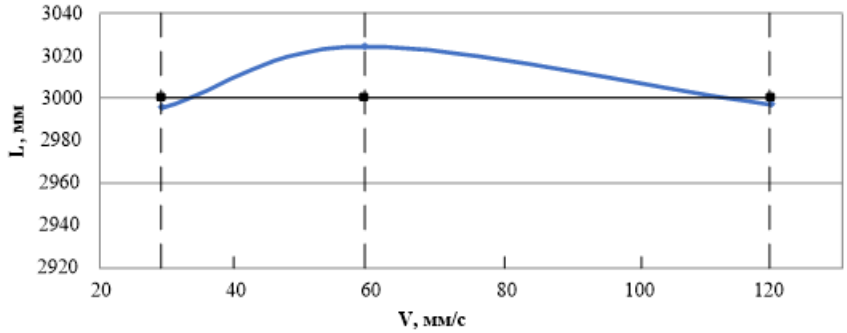


Рис. 7. Заданное расстояние 3000 мм

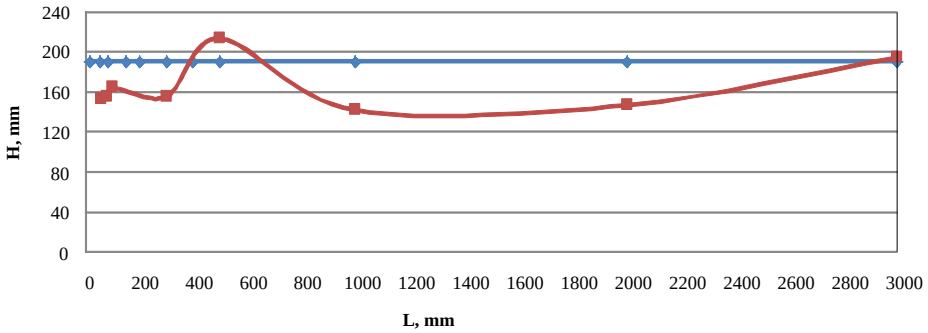


Рис. 8. Зависимость результатов измерения высоты препятствия от расстояния до препятствия с шириной 540 мм

Вторым определяющим параметром для проведения реконфигурации робота, после расстояния до препятствия, является его высота. На рис. 8 представлен результат измерения высоты препятствия в зависимости от расстояния до препятствия с шириной 540 мм. На расстояниях до 800 мм абсолютная погрешность измерения не превышает 30 мм, а относительная погрешность не превышает 4%.

Результат измерения больше реального значения высоты в районе 500 мм. Далее погрешность приводит к заниженным значениям с постепенным уменьшением до нуля в конце диапазона измерения.

Испытания робота показали надежность его функционирования в режиме преодоления препятствий.

Создан экспериментальный макет мобильного робота с системой определения параметров препятствия на базе ультразвукового датчика при автономном его движении. Разработана структура системы измерения внешних и внутренних параметров для процесса реконфигурирования робота в зависимости от поверхности перемещения и вида препятствий. Разработан алгоритм трансформации робота по информации с датчика. Выработаны рекомендации по оптимальным режимам использования датчика на мобильном роботе для определения параметров препятствия во время его движения.

Список литературы

1. Накано Э. Введение в робототехнику. – Москва: Мир, 1988. – С. 334.

2. Цюе У, Рачков М.Ю. Расчет и оптимизация работы механизма реконфигурации колесно-гусеничного мобильного робота. Мехатроника, автоматизация, управление. – 2022. 23(4). – С. 209–215.

3. M. Rachkov, A. Emelyanov and V. Kolot, Reconfigurable Autonomous Wheel-Tracked Robot, International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Sochi, Russia, – 2019, – P. 1–5.

4. У Цюе, Рачков М.Ю. Разработка информационного контура системы управления мобильным реконфигурируемым роботом, Современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: Сб. статей XXIV Международной научно-практической конференции. – 2022. – С. 73–77.

Малкаров А.Ю.
аспирант
Московский политехнический университет
Россия, Москва
jazzpudik@icloud.com
Архипов М.В.
к.т.н., доцент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
maksim_av@mail.ru
Матросова В.В.
старший преподаватель
Московский политехнический университет
Россия, Москва
capitan.milena@mail.ru

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА В ЗАДАЧАХ АЛГОРИТМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯЦИОННЫМИ РОБОТАМИ ПРИ СБОРКЕ ДЕТАЛЕЙ СПОСОБОМ СОЕДИНЕНИЯ ВАЛ-ВТУЛКА

Аннотация. В данной презентации представлены разработки ее авторов: библиотечный пакет IndustrialKit и приложение RCWorkspace на его основе. Библиотека позволяет разработчикам сторонних приложений использовать в своих изделиях функционал программирования и моделирования робототехнических технологических комплексов. Объектно-ориентированная концепция комплекса предоставляет возможности оффлайн обучения манипулятивных роботов в развитой имитационной среде, последующей передачи и запуска программ на реальных роботах, организации управления с обратной связью и получения статистических данных от промышленного оборудования – общих моделей роботов и устройств различного оборудования, что достигается за счет унифицированной структуры программных модулей. Демонстрируется связь внешних визуальных моделей компонентов производственной системы – роботов, инструментов и деталей. Также приведен пример выполнения задачи сборки деталей со шлицевыми соединениями.

Ключевые слова: программное обеспечение, роботы-манипуляторы, визуализация, обучение, моделирование, сборка роботов.

Malkarov A.Yu.
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
jazzpudik@icloud.com
Arkhipov M.V.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
maksim_av@mail.ru
Matrosova V.V.
Senior Lecturer
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
capitan.milena@mail.ru

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A SYSTEM OF TEACHING AND VISUALIZATION OF MANIPULATION ROBOTS USING REMOTE TECHNOLOGIES

Abstract. This article presents developments by its authors: the IndustrialKit library package and the RCWorkspace application based on it. The library allows developers of third-party applications to use the functionality of programming and modeling robotic technological complexes in their products. The object-oriented concept of the package provides opportunities for offline training of manipulation robots in a developed simulation environment, subsequent transfer and launch of programs on real robots, organization of feedback control and obtaining statistical data from industrial equipment – common models of robots and various equipment devices, which is achieved through a unified structure of program modules. The connection of external visual models of production system components – robots, tools and parts – is demonstrated. An example of performing the task of assembling parts with spline joints is also given.

Keywords: software, manipulation robots, visualization, teaching, simulation, robotic assembly.

С начала 2020-х годов в области промышленной робототехники появились специализированные программные решения, предназначенные для планирования технологических комплексов и спецификации алгоритмов управления роботами-манипуляторами в производственных процессах. Такие решения, как правило, предлагают производители промышленных роботов. Для иллюстрации рассмотрим примеры производителей и соответствующего программного обеспечения, которое они предоставляют:

– Kawasaki Robotics – один из ведущих мировых производителей промышленных роботов. Основанная в Японии в 1896 году, компания превратилась в глобальный конгломерат, преуспевающий в различных отраслях промышленности, включая промышленность и робототехнику. Компания предлагает приложения для проектирования и оффлайн-обучения, такие как среда проектирования производственной системы K-ROSET, приложение

KCONG для автоматического обучения роботов и специализированный инструмент K-SPARC, основанный на платформе двух предыдущих приложений. K-SPARC разработан специально для определения алгоритмов укладки товаров на паллеты [1].

– ABB Robotics – один из ведущих поставщиков промышленных роботов. Компания предлагает широкий спектр решений для автоматизации в различных отраслях промышленности, включая автомобилестроение, энергетику, металлургию и электронику. Компания предоставляет единую среду для проектирования производственных систем и алгоритмизации для своих собственных роботов – RobotStudio. Кроме того, они предлагают RobotStudio Suite, который включает в себя ранее упомянутое приложение, его облачную версию – RobotStudio Cloud и приложение для рисования роботов в дополненной реальности – RobotStudio AR Viewer [2].

– Fanuc Robotics – один из крупнейших производителей промышленных роботов в мире. Компания специализируется на разработке и производстве роботов промышленного применения, включая роботов для сварки, сборки, резки и погрузочно-разгрузочных работ, предлагая широкий ассортимент роботов различных размеров и грузоподъемности. Приложение для проектирования производственных систем с роботами этого производителя и их программирования называется Roboguide. Дополнительно имеется набор проприетарных библиотек для интеграции с .NET приложениями – PC Development Kit [3].

– KUKA Robotics – немецкая корпорация, специализирующаяся на разработке и производстве высокопроизводительных промышленных роботов. Их роботы находят широкое применение в автомобильной, электронной, пищевой и других отраслях промышленности. Корпорация предлагает приложение для моделирования и алгоритмизации под названием KUKA. AppTech, а также набор различных программных инструментов для интеграции, адаптированных к конкретным сценариям, таким как KUKA.ConveyorTech, KUKA.ArcTech, KUKA.RobotSensorInterface, KUKA.ProcessScreen и т.д. [4].

Библиотечный пакет и приложение

Таким образом, была авторизована и осуществлена разработка программного комплекса, представленного в виде библиотечного пакета IndustrialKit и приложения на его основе – RCWorkspace (Robotic Complex Workspace). Основная концепция заключается в унификации методов проектирования и алгоритмизации компонентов в производственной системе, внедрении уровней абстракции для организации разработок и предоставлении ей открытого исходного кода под свободной лицензией [5]. В программном продукте внедрена новая модель, использование которой обеспечивает удобный и адаптивный синтез алгоритмов управления манипулятивными

роботами и корректирующих алгоритмов сборочных процессов на основе заданных параметрических данных [6, 7].

Приложение RCWorkspace предоставляет оператору упомянутый выше функционал и сочетает его с возможностями трехмерной визуализации и физического моделирования производственной системы, а также построения диаграмм состояний промышленного оборудования. Также стоит отметить функционал отслеживания роботов в реальном времени на основе их трехмерных моделей и возможность комбинирования виртуальных моделей с «реальным» оборудованием (рис 1).

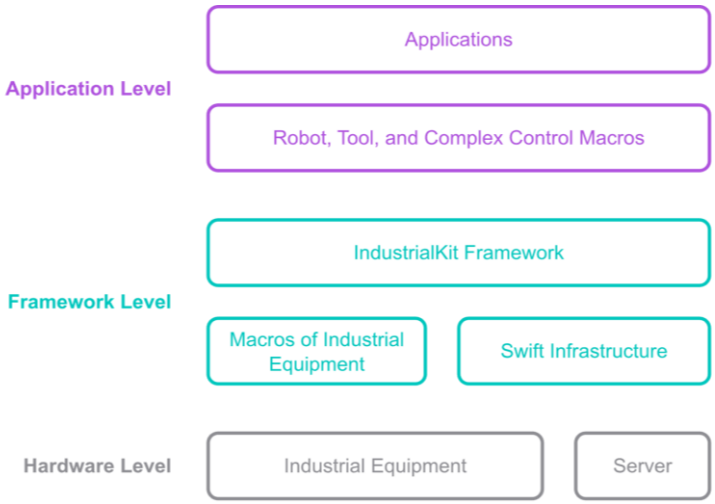


Рис. 1. Уровни абстракции

Ithi Macro Assembler

IMA формализует методы программирования роботизированных систем. Это встроенный язык программирования платформы IndustrialKit и приложений на ее основе, таких как RCWorkspace.

Программа в IMA представляется в виде последовательности специальных блоков – элементов. Существует три типа блоков:

– Исполнители – инициируют операции с такими устройствами, как роботы и инструменты;

– Модификаторы – манипулируют данными в памяти, представляющей собой массив регистров, содержащих числа с плавающей запятой;

– Логика – управляет порядком выполнения элементов программы через условные и безусловные переходы к заданным меткам.

Память рабочей области может иметь различное количество регистров. По умолчанию все они имеют значение 0. Только модификаторы могут изменять содержимое в памяти, остальные элементы могут только считывать данные. Однако модификаторы не могут напрямую влиять на другие элементы. Такая организация обеспечивает разделение данных и лучший контроль за выполнением алгоритма.

Моделирование приложения сборки

На типичном примере роботизированной сборочной операции для соединений «штифт в отверстии» был подготовлен соответствующий программный алгоритм и набор моделей. Продемонстрированы отдельные компоненты такого РТК и их совместное участие в процессе сборки (рис. 2, 3) [8]. Система координат манипулятора в данном примере декартовая, с возможностью ориентации кистью.

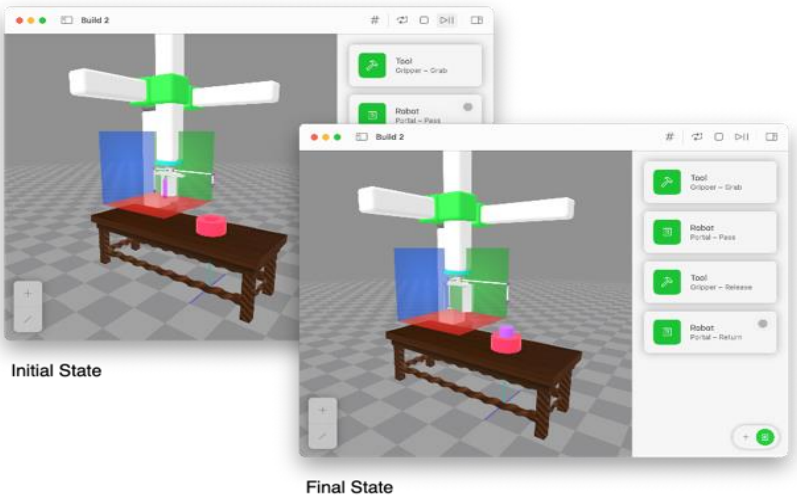


Рис. 2. Сборочный процесс

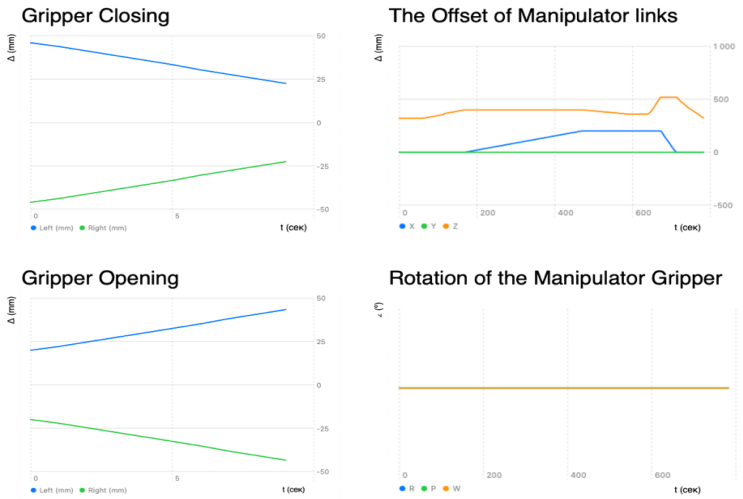


Рис. 3. Вывод графиков состояний

Циклограмма показывает, как шарниры и захват манипулятора перемещаются с течением времени. Захват и высвобождение захвата с течением времени отражают процесс роботизированной сборки соединения «вал-втулка». Диаграммы открытия и закрытия захвата показывают, был ли захвачен объект или нет. Конечное состояние захвата – открыто. Функциональность программного обеспечения может быть расширена за счет внедрения силовой обратной связи в процесс роботизированной сборки [9–12].

Подключение и сбор данных

Проводится демонстрация тестовых примеров подключения к промышленному оборудованию и получение статистических данных в виде текстовых логов, диаграмм и списков свойств.

Исследованы возможности разработанного программного обеспечения для реализации автономного обучения роботов и визуализации работы роботов-манипуляторов. В представленной работе были получены следующие результаты:

– Описаны возможности оффлайн-обучения роботов-манипуляторов в прикладном программном обеспечении. На имитационном уровне демонстрируются результаты разработанного алгоритма роботизированной сборки соединения «вал-втулка».

– Разработанное программное обеспечение позволяет автоматизировать подготовку программ для технологических процессов на роботах-манипуляторах и управлять их движениями. Наибольший потенциал кроется в задачах, связанных с роботизированной сборкой. Практически любые манипуляции с цилиндрическими и другими деталями, в том числе сложной формы, можно легко описать. Управление силой позволяет добавить в этот программный комплекс обратную связь для повышения точности выполняемых задач.

– Задачи программного обеспечения не ограничиваются контролем и визуализацией технологических процессов в симуляторе, но и выполняются параллельно на реальном роботе. Предложенные алгоритмы могут быть применены к различным моделям промышленных манипуляторов и технологических оснасточных устройств.

Продемонстрированы результаты роботизированной сборки соединения «вал-втулка». Программное обеспечение может быть дополнено возможностью учета и управления силово-моментными параметрами технологических процессов через внешние модули, подключенные по разработанному протоколу.

Список литературы

1. Kawasaki Robotics. "Programming Tool." [Online]. Available: https://kawasakirobotics.com/eu-africa/others-category/programming-tool/.

2. ABB Robotics. "RobotStudio Operating Manual." [Online]. Available: https://library.e.abb.com/public/244a8a5c10ef8875c1257b4b0052193c/3HAC032104-001_revD_en.pdf.

3. Fanuc. "FANUC Educational Cell Exercises: Educational Guide." [Online]. Available: https://www.fanuc.eu/~/media/files/pdf/products/robots/educational%20cell/fanuc%20educational%20cell%20exercises.pdf.

4. KUKA. "Application Software." [Online]. Available: https://www.kuka.com/en-us/products/robotics-systems/software/application-software.

5. PRUoE. "Text of speeches at the conference 'Development of robotics in Russia: integration into education and industry'." [Online]. Available: https://drive.google.com/file/d/1g1zc4QgS3D4Z-92ZMLD8Ltaeq3e79bNL/view.

6. D.S. Koltigin, S.G. Ruduchenko, "Introduction to Robotics. Cyclic Control of Manipulators and Technological Equipment." Bratsk: BrSTU, 2002.
7. V.S. Kuleshov, N.A. Lakota, V.V Andryunin, et al. "Remotely Controlled Robots and Manipulators." Moscow: Mechanical Engineering, 1986.
8. M.V. Arkhipov, A.Y. Malkarov, "Design software in tasks of algorithmization of manipulation robots in assembly of parts with a shaft-bushing connection method." ToPME, pp. 330-336, 2023.
9. S.L. Zenkevich, A.S. Yushchenko, "Fundamentals of Manipulation Robot Control." 2nd ed., rev. and exp. Moscow: Bauman MSTU, 2004.
10. D.M. Gorinevsky, A.M. Formalsky, A.Y. Schneider, "Control of Manipulation Systems Based on Force Information." Moscow: Phismatlith, 1994, p. 368.
11. V.S. Kuleshov, N.A. Lakota, "Dynamics of Manipulator Control Systems." Moscow: Energy, 1971.
12. P.N. Belyanin, Y.A. Shifrin, "Design and Development of Industrial Robots." Moscow: Mechanical Engineering, 1989.

Мавлютов Э.Р.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
elmmavl@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПО API ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ И СТОРОННИХ СИСТЕМ

Аннотация. На данный момент времени в современном мире при существовании различных видов информационных систем, цифровых сервисов и интернет-платформ, связь между ними так или иначе зависит от API. Целью работы является исследование темы по использованию API в современном мире и точечно на практике во время приема документов в организации из сторонних сервисов.

Ключевые слова: API; протокол; информационная система; организация; сервер; данные.

Mavlyutov E.R.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
elmmavl@gmail.com

FEATURES OF THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN MANAGING THE COMPANY'S IMAGE

Abstract. At this point in time in the modern world, with the existence of various types of information systems, digital services and Internet platforms, the connection between them somehow depends on the API. The purpose of the work is to study the topic of using the API in

the modern world and point-by-point in practice during the acceptance of documents in an organization from third-party services.

Keywords: API; protocol; information system; organization; server; data.

API (Application Programming Interface – интерфейс прикладного программирования) относится к типу средств обмена сообщениями, используемых для обработки различных типов запросов пользователей и поддержания функций системы. API помогает взаимодействовать с данными приложений и устройствами. Передача данных возможна через API и поддерживает связь между программами и устройствами. Используя API, прикладная система может взаимодействовать с серверной системой организации. Новые API могут быть созданы путем добавления кода в приложение и могут быть интегрированы с приложением для обеспечения новых функциональных возможностей в системе. Связь между различными программами может поддерживаться с помощью API.

Сокращение API обозначает дословно «программный интерфейс приложения». Пользователь используем интерфейс для получения доступа к тому, что работает внутри «под капотом» API. К примеру, может быть API, отображающий задачи управления учетными записями пользователей. Этот интерфейс может позволить разработчикам:

- создать учетную запись;
- редактировать профиль существующей учетной записи;
- изменить статус учетной записи (остановка либо активация).

Такой интерфейс обычно предоставляется через такие общеупотребимые протоколы, как HTTP, MQTT, Thrift, TCP/IP и т. д., и опирается на такие стандартизированные форматы, как JSON, XML, YAML или HTML.

Современный человек каждый день сталкивается с API даже не замечая этого, регистрируясь на новом сайте пользователю может потребоваться авторизация с помощью сторонних сервисов, по веб протоколам API сайт смотрит ваш профиль и регистрирует вас. Или подключение умных станций к умным устройствам, тоже согласовывается с прикладными протоколами API.

Вообще существует множество видов API:

- Веб-API предоставляют доступ к различной функциональности и данным через интернет, используя стандартные протоколы, такие как HTTP. Примерами таких веб-API являются RESTful API и SOAP API, которые позволяют взаимодействовать с удаленными веб-сервисами;

- Библиотеки и SDK (Software Development Kit) – это API, которые предоставляются в виде библиотек. Также могут предоставляться наборами инструментов, которые разработчики могут встраивать в свои приложения. Они часто применяются для работы с конкретными языками программирования;

- API операционных систем предоставляют доступ к функциям операционной системы, таким как файловая система, сеть и контроль устройств.

Примерами таких API являются WinAPI для Windows и POSIX API для Unix-подобных ОС;

- Графические API используются для создания графических интерфейсов и визуализации данных. Примеры включают DirectX и OpenGL для 3D-графики;

– API социальных сетей предоставляют доступ к данным и функциям популярных социальных сетей, таких как Вконтакте или Telegram;

– Файловые API используются для работы с файлами и хранилищами, такие как API для облачных хранилищ OneDrive, Amazon S3 и Google Cloud Storage;

- Мобильные API предназначены для мобильных платформ, таких как Android API и iOS API.

Каждая из этих видов располагает собственными комплектами протоколов. Протоколы – это, по сути, набор правил и инструментов. Это стандарты взаимодействия между программами или информационными системами, которые они должны поддерживать.

По сути, с API можно сталкиваться каждый день, выбирать авиабилеты на сайте агрегаторе, распознавание голоса и перевод его в текст, проведение платежа через банковскую систему и т.д. Это и есть передача данных от одной системы в другую, используя определенные правила и инструкции.

В организациях или компаниях передача данных тоже осуществляется через API. Наглядно на рисунке 1.

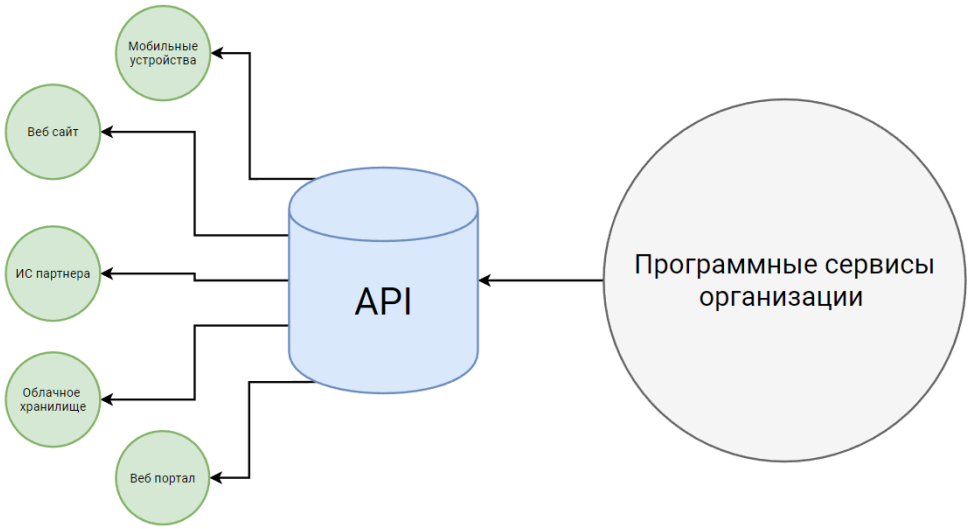


Рис. 1. Пример взаимодействия по API

API при передачи данных у организаций же может быть разной, тут зависит куда идет передача. То есть протоколы передачи и сами данные могу различаться. К примеру, вывести на сайт количество оставшихся товаров из информационной системы или вывести в приложение, будут иметь разные протоколы.

API не только передает данные но и принимает их в ту систему откуда она передается (Рис. 2). Благодаря такому состоянию, работает любая система, требующая постоянного обновления. По сути, это передача запроса и получение ответа на него с обоих сторон.

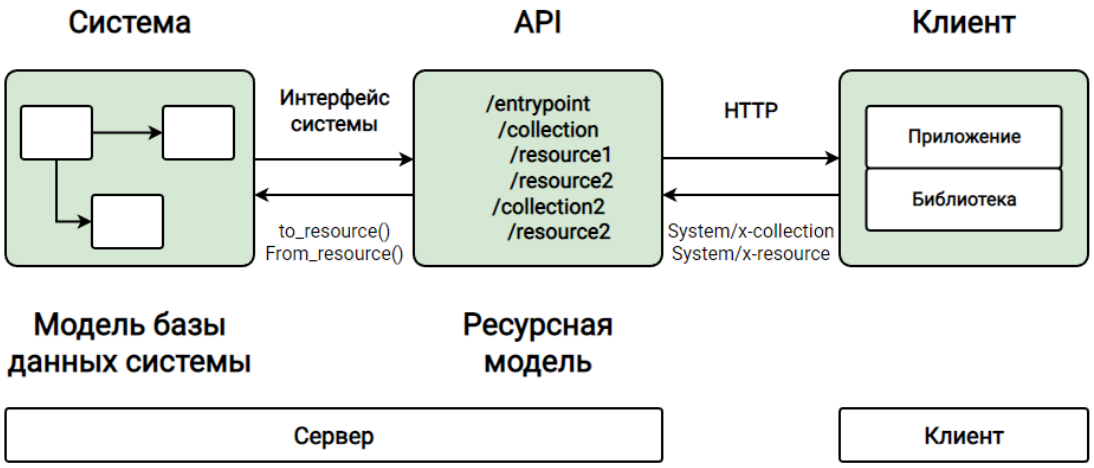


Рис. 2. Пример передачи данных по API

На рисунке 2 можно заметить, что оператор при использовании интерфейса системы располагает данными для передачи, которые же по протоколам API разбиваются на коллекции и ресурсы и предаются клиенту в приложение. В обратную сторону происходит аналогичный процесс, но уже данные поддаются другим протоколам уже системы. Сама ресурсная модель и база данных находятся на одном сервере. Клиентская же база находится в руках у клиента.

Взаимодействие с сервисом приема посредством API при передаче и получении данных из информационной системы вуза

В данном примере будет рассмотрена информационная система ФГАОУ «Московский политехнический университет» (далее – Московский Политех) и ее взаимодействие с сервисом приема путем подачи документов через Госуслуги.

Приемная кампания Московского Политеха охватывает различные аспекты работы с информационной системой. Основной является внесение и изменение данных в системе 1С – Университет находящаяся на собственном внутреннем сервере. Помимо данной задачи в рамках подготовки к приемной кампании Московский Политех производит внесение данных о приеме в другую информационную систему «Сервис приема», которая в свою очередь является внутренней частью суперсервиса «Поступление в вуз онлайн» на госуслугах. «Поступление в вуз онлайн» является личным кабинетом абитуриента на госуслугах, где он может подать документы.

В рамках подготовки к приемной кампании необходимо перенести в сервис приема основные данные о приеме все это осуществляется либо асинхронно по API из информационной системы вуза – 1С, либо синхронно. При синхронном режиме Сервис приема, при получении запроса на выполнение операции, сразу направляет в ответ результаты ее выполнения. Без промежуточных этапов. При асинхронном режиме обмена операции выполняются с помощью последовательной отправки различных запросов. Обычно в первом запросе передается необходимая информация для выполнения операции, а затем пользователь получает идентификатор операции в ответ. По этому идентификатору пользователь может проверить статус операции или получить результат, выполнив другие запросы.

По рисунку 3 можно сделать несколько выводов то, что каждый шаг это и есть каждый шаг выгрузки данных в сервис приема. Данные упорядочены так что нельзя выгрузить данные типа CampaignEventList, если отсутствует связанные с ними данные типа CampaignList.

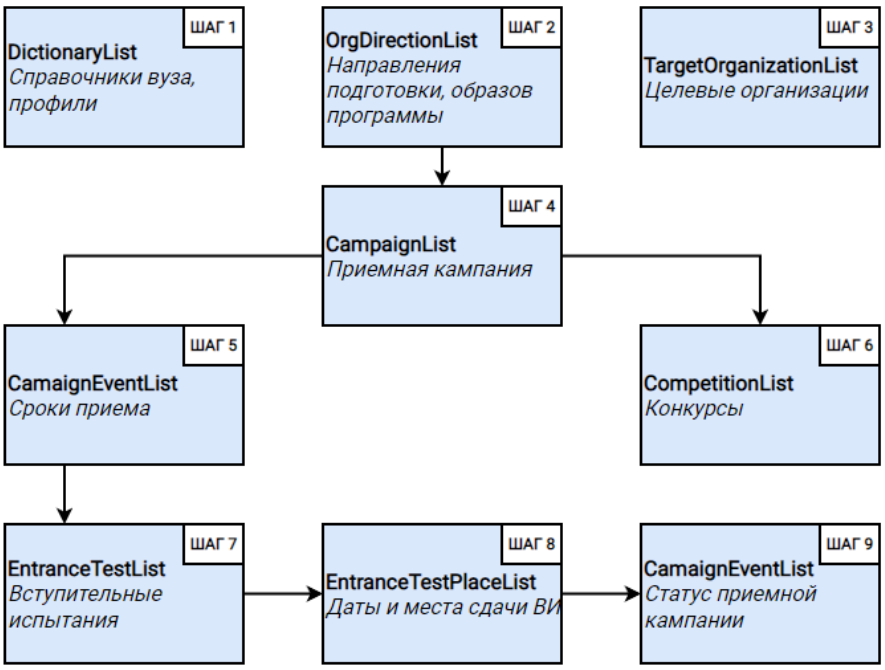


Рис. 3. Последовательность обращения к видам данных при выгрузке в Сервис приема

Выгрузка происходит через специальную обработку, встроенную в систему 1С. Образовательной организации доступны несколько видов операций при работе с сервисом приема (таблица). Эти операции позволяют четко контролировать весь процесс, чтобы исключить возможные ошибки.

Таблица

Операции доступные Образовательной организации

Операция	Особенности
Добавление	В Сервис приема можно добавить одно и то же направление подготовки, но с разным составом дополнительных параметров
Чтение	Варианты запроса: по одному направлению подготовки, так и по всем
Удаление	Нельзя удалять в том случае, когда значение уже используется в любом конкурсе (в таком случае конкурс предварительно необходимо удалить)

Важно понимать, что у двух систем разная системная архитектура, поэтому перед передачей данных необходимо установить соответствия между типами данных двух систем. Благодаря правильно установленным соответствиям, передача данных будет производится без ошибочно. Для подготовки приема в Сервис приема необходимо выгрузить основные данные приема (Рис. 3) и создать приемную кампанию.

При запуске выгрузки надо четко удостоверится то, что все выполнено по инструкции. Если все соблюдено по инструкции можно начинать выгружать данные в Сервис приема. Этапы четко распределены по шагам как на рисунке 3. Каждый элемент необходимый к выгрузке заполняется в специальной обработке в качестве списка. Происходит выполнение операции «Добавление» (таблица). Список можно пролистать и посмотреть какие элементы туда вошли, а какие нет. В списке можно выбрать необходимые элементы, а ненужные не выбирать. После заполнения данных, можно формировать этот список для отправки. Каждая строка в списке, это пакет с данными со своим шифрованием. Он сначала создается, пакет принимает статус – создан. Затем он подписывается электронно-цифровой подписью ответственного лица на сервере, после этого пакет отправляется и пакет приобретает статус – отправлен. При асинхронном режиме оператор должен получить статус отправленного пакета, чтобы он перешел в статус «обработан», либо в статус «ошибка». Статус «обработан» (Рис. 4) означает что пакет успешно отправился в Сервис приема. Статус «ошибка» (Рис.4) означает что пакет не дошел до Сервиса по какой-либо причине, которая в этом пакете может зафиксироваться.

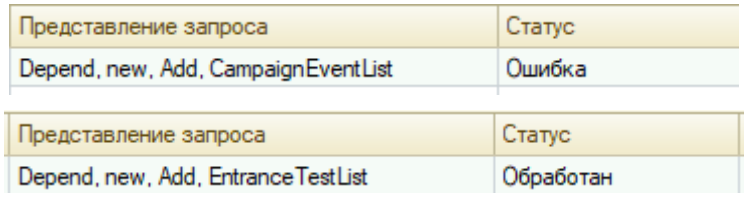


Рис. 4. Статусы отправляемых элементов

Данной работой в зависимости от нагруженности системы и серверов могут заниматься до 10ти человек. Это возможность системы, но это не означает

ее правильную работу. Опытным путем было определенно, что для данной работы достаточно 2-3 человек максимум. Первый оператор занимается формированием списка данных и ее отправку, второй занимается получением статусов отправленных пакетов. Третий дополнительно же может заниматься точечно пакетами, которые упали в ошибку и исправлять их, если у него для этого имеется достаточно компетенций. Для дополнительной проверки по отправки данных можно зайти в сервис приема и наглядно увидеть все выгруженные данные, либо сделать выгрузку по фильтрам списка данных в формате эксель.

В конечном итоге это не единственные операции передачи данных по API. Также по API передаются данные абитуриентов, контактная информация направления подготовки и т.д. Данные процессы уже происходят на моменте приема документов. Данные так же можно принимать из Сервиса приема, процесс происходит иначе, мы получаем уже отправленный пакет извне и решаем что с ним делать принимать в базу или нет.

Список литературы

1. Арно Лоре Проектирование веб-API / Пер. с англ. Д. А. Беликова.– М.: ДМК Пресс, 2020.– 440 с. ISBN 978-5-97060-861-6

2. Меджуи Мехди, Уайлд Эрик, Митра Ронни, Амундсен Майк Непрерывное развитие API. Правильные решения в изменчивом технологическом ландшафте. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2023. – 368 с.

3. Тельо-Родригес М., Очаран-Эрнандес Х.О., Перес-Арриага Х.К., Лимон К., Санчес-Гарсия А.Х. Путеводитель по проектированию удобных Web-API. Труды ИСП РАН, том 33, вып. 1, 2021 г., стр. 173-188.

Горобец Ю.А.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
Gorobetsyuliya2510@gmail.com
Левина Т.А.
к.т.н., доцент, заведующая кафедрой
Московский политехнический университет
Россия, Москва
gta03@mail.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ КОМПЛЕКТОВАНИЕ ПРОДУКЦИИ В СТРУКТУРЕ МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ ПОСТАВОК

Аннотация. Данная статья представляет собой обзор технологии автоматизированного складирования в контексте логистических систем. В тексте описаны основные принципы и функции складов, а также исторические и современные тенденции в развитии складского хозяйства, включая влияние Второй мировой войны и последующее развитие складской инфраструктуры.

Ключевые слова: склад, автоматизированное складирование, технологии складирования.

Gorobets Yu.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia Moscow
Gorobetsyuliya2510@gmail.com
Levina T.A.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
gta03@mail.ru

AUTOMATED PRODUCT ACQUISITION IN THE STRUCTURE OF INTERSTATE SUPPLIES

Abstract. This article is an overview of automated warehousing technology in the context of logistics systems. The text describes the basic principles and functions of warehouses, as well as historical and modern trends in the development of the warehouse economy, including the impact of World War II and the subsequent development of warehouse infrastructure.

Keywords: warehouse, automated warehousing, warehousing technologies.

Внутри логистической цепи материалы, сырье и готовая продукция должны быть физически перемещены из одного звена в другое (например, от места производства к месту потребления, от производителей к конечным пользователям). Во время данного процесса в течение определенного времени любые материальные ценности могут храниться в специально отведенных помещениях – складах.

Склад – это специально оборудованное помещение или территория, предназначенная для временного хранения товаров или материалов до момента их использования, продажи или отправки на другие склады [2].

Технологический процесс на складе – это система поэтапных действий, с приемкой товара от поставщика, размещением его на складских ячейках, соблюдением правил хранения для удобства дальнейшей сборки до потребителя. Каждый процесс в складской логистической цепочке должен быть синхронизирован с остальными. Если этого не происходит, на складе могут возникнуть заторы и, в конце концов, воцарится хаос. Среди складских функций можно выделить складирование, как наиболее важную.

Складирование товаров на складе – это процесс организации и хранения товаров в определенном месте, с целью обеспечения их сохранности, доступности и эффективного управления запасами. Данный процесс необходим для обеспечения надлежащих условий хранения, быстрого доступа к товарным позициям и проведения учетных операций [1].

Особую роль в складировании сыграла Вторая мировая война несколькими способами:

- увеличение размеров складов;
- необходимость и усовершенствование методов хранения, а также извлечения продукции;

Соответственно, при росте изготовления новой продукции на производстве, возрастает необходимость в новых и эффективных складских зданиях.

В данной сфере произошли значительные изменения и преобразования в 1990-х-2000х годах. Это было связано с изменениями в области ведения бизнеса, так как старые методы не устраивали и не создавали необходимые условия для нормального функционирования. Поэтому компании, связанные со складской деятельностью, исправили и приспособили новые методы и инструменты, которые быстро повысили эффективность [2].

В эру цифровизации и технологического прогресса автоматизированное комплектование продукции на складах становится неотъемлемой частью современной логистики и управления запасами. Инновационные технологии автоматизированного складирования активно внедряются в современные логистические системы с целью повышения эффективности и оптимизации процессов хранения и отгрузки товаров.

Одним из ключевых преимуществ автоматизированного комплектования является повышение производительности и скорости операций на складе. Согласно данным исследований, автоматизация позволяет сократить время выполнения заказов до 50%, что значительно увеличивает эффективность складского процесса. Более того, автоматизация способствует снижению ошибок и повышению точности комплектации продукции. Согласно статистике, автоматизированные системы управления запасами снижают уровень ошибок на 30%, что ведет к улучшению качества обслуживания и удовлетворенности клиентов. Кроме того, использование роботизированных систем и технологий искусственного интеллекта позволяет оптимизировать использование складского пространства. Данные показывают, что благодаря автоматизации можно увеличить заполнение склада на 20-30%, что экономит значительные ресурсы и снижает затраты на аренду и обслуживание складских помещений [4].

Компания Amazon является одним из лидеров в области электронной коммерции и распределения товаров. На складах Amazon используются роботы-тележки, способные автономно перемещаться по складскому помещению и выполнять задачи по перемещению товаров. Эти роботы управляются централизованной системой управления, которая оптимизирует их движение для максимальной эффективности и минимизации времени на обработку заказов. Каждый робот оснащен специальным датчиком, который позволяет ему определять свое местоположение и избегать столкновений с другими роботами или препятствиями. Это позволяет обеспечить безопасное и эффективное функционирование автоматизированного склада. Благодаря использованию роботизированных систем складирования, Amazon достигает значительного увеличения производительности и сокращения времени обработки заказов. Это позволяет компании оперативно удовлетворять потребности своих клиентов и поддерживать высокий уровень обслуживания [3].

В России также наблюдается активное внедрение автоматизированных систем складирования. Одним из примеров такого внедрения является система автоматизированного складирования в крупной российской компании X5 Retail Group. Данная компания внедрила систему автоматизированного складирования в своих дистрибуционных центрах для оптимизации процессов хранения и отгрузки товаров. Система основана на использовании роботизированных тележек и автоматических конвейеров, управляемых централизованной системой управления [4].

В заключении можно отметить, что складское хозяйство и процессы складирования являются неотъемлемой частью логистической цепи в современных условиях. Оптимизация и автоматизация складских процессов играют ключевую роль в обеспечении эффективности и конкурентоспособности бизнеса. Автоматизация комплектования продукции на складах позволяет значительно увеличить производительность, снизить время обработки заказов и минимизировать вероятность ошибок. В целом, автоматизация складских процессов является важным инструментом для повышения эффективности логистики и улучшения обслуживания клиентов в современном бизнесе.

Данная отрасль была и будет развиваться, и существовать, так как она является важным элементом в цепочке поставок.

Список литературы

1. Бурьянов М. Как в современных условиях обеспечить эффективную деятельность склада / М. Бурьянов // Логистика. – 2022. – № 4. – С. 10-12.
2. Волгин В. В. Склад. Логистика. Управление. Анализ : произв.-практ. изд. / В. В. Волгин. – Москва : Дашков и К, 2013. – 723 с.
3. Коммерческая логистика : учебник / А. П. Тяпухин [и др.]. – Москва : КноРус, 2019.
4. Манукян Д. В. Автоматизация складских терминалов: быстро, точно, надежно / Д. В. Манукян // Логистика. – 2022. – № 1. – С.16-19.

СЕКЦИЯ 5. ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Eshev A.S.
Head of international relations department
Karshi Engineering-economics institute
Uzbekistan, Karshi
eshevalibek@gmail.com
To'rayeva J.S.
Student
Karshi Engineering-economics institute
Uzbekistan, Karshi
jasminaturaeva455@gmail.com

INCREASING THE COMPETITIVENESS OF AGRICULTURAL PRODUCTS AND ITS STRATEGIC APPROACHES

Abstract. In this article priority directions of agricultural competitiveness of the Republic of Uzbekistan, main criteria and direction of the development strategy of the sector are considered. Important aspects and necessary modern management methods for strategic development are considered. As well as the improvement of new technologies in order to achieve competitiveness and address the issues on the set tasks for the development of the sector for the production of products.

Keywords: agriculture, agrarian sector, strategic analysis, market, commodity, produce, resource use, competitiveness, level growth, new requests.

The importance of the agrarian sector in the social and economic development of the countries of the world is growing rapidly, as it is precisely one of the main directions of sustainable development of our country is agriculture. Trends in this area lead to awareness of the need to use modern management technologies for strategic development. Effective strategic management of the agricultural sector is possible today only if it is recognized as the production of quality products. Without an integrated approach to solving planning, quality assurance and management, it is impossible to further improve its development.

Efficiency in the strategic management of the agricultural sector is expressed in how timely and accurately farms are able to respond to new demands and requirements. For the successful operation of these farms, it is necessary to determine the mission, vision, values, and objectives of the activity, to conduct strategic analysis using various methodologies and modeling methods. The absence or vague formulation of some of these components may serve as an obstacle to the formation of a sector strategy. The strategy reveals long-term goals, objectives and directions of the development of the system.

The need to formulate a strategy is to increase the efficiency of resource use, "differentiation based on the distinctive characteristics of the territories and taking into account agricultural specialization the creation of growth points that allow

the effective use of concentrated resources," creating opportunities for interaction and the formation of an integrated system of the agricultural sector.

In this connection, the issues of development and liberalization of the economy are aimed at further strengthening macroeconomic stability and maintaining high economic growth rates, increasing its competitiveness, modernizing and intensively developing agriculture, actively attracting foreign investment in the economy and in particular country agriculture by improving the investment climate , is the main strategy of the agricultural sector.

To improve the agrarian sector, the government has to fulfill its tasks, in particular, the expansion of social and corporate interaction between government and business in realizing the tasks of long-term economic development of the agro-industrial complex. At the same time, the implementation of the strategy for the development of the agricultural sector, development of new technologies in order to achieve competitiveness, solve marketing problems for the development of the sector and focus on creating an independent environment for the production of agricultural products.

Agriculture is one of the important branches of the economy of Uzbekistan. This industry, along with meeting the population's demand for food products and processing industries for raw materials, is considered one of the promising sources of strengthening economic potential.

In the «Strategy of Actions for the five priority development directions of the Republic of Uzbekistan in 2017-2021», approved by the Decree of the President of the Republic of Uzbekistan of February 7, 2017 No. UP-4947, the main attention is paid to modernization and intensive strategic development of agriculture.

The deepening of structural reforms and the dynamic development of agricultural production, the further strengthening of the country's food security, the expansion of the production of environmentally friendly products, a significant increase in the export potential of the agricultural sector are the most important tasks foreseen for implementation in the future.

Priority directions of strategic development of agriculture, defined in the Strategy of Action are:

- Development of agriculture through deepening of structural reforms, further strengthening of food security and export potential of the country;
- Improvement of issues on improvement of reclamation state of irrigated lands, development of land reclamation and irrigation facilities, introduction of modern water and resource-saving technologies into the industry, use of innovative technology;
- introduction of research works on the creation of new selection varieties of agricultural crops with high productivity, resistance to diseases and pests adapted to local soil, climatic and environmental conditions;
- reconstruction and construction of existing processing enterprises that produce agricultural products and packaging materials on the basis of deep processing;

- Development of multidisciplinary farms engaged in the production, processing, procurement and sale of agricultural products, construction work and the provision of services;

- Expansion of the infrastructure for storage, transportation and marketing of agricultural products, provision of agrochemical, financial and other modern market services;

– adopting systemic measures to mitigate the negative impact of global climate change and the drying up of the Aral Sea on the development of agriculture and the livelihoods of the population.

In order to fulfill these tasks by the socialists, work will be carried out to further optimize the acreage areas associated with the expansion of areas for potatoes, vegetables, intensive gardens, oil crops and vineyards. The measures taken to optimize the composition of sown areas and increase yields will lead to a significant increase in agricultural production in our country.

In a market economy, the survivability of any enterprise, its stable position in the market of goods is determined by the level of its competitiveness, that is, the ability to produce and sell goods that are more attractive to consumers than price goods of their competitors in terms of price and non-price characteristics. It characterizes the possibilities and dynamics of adaptation of farmers to the conditions of market competition.

An important aspect of competitiveness is the availability of competitive advantages, that is unique tangible and intangible assets owned by the enterprise, which are strategically important for business and allow winning in a competitive struggle. In order to become a market leader, the company needs to outstrip competitors in innovations in the production and marketing system, in establishing new prices, and reducing costs. Therefore, competitiveness is not a constant sign, the advantage over an opponent can be lost with time, both due to environmental factors, and due to internal factors. Among the efficiency factors, the level of education, the efficiency of markets, the size of the market, and the level of technological development are singled out.

At present, the agricultural production system ensures the growth of the level of product quality, and hence the confidence in increasing consumer satisfaction in agricultural products. In a market economy, the survivability of any enterprise, its stable position in the market of goods is determined by the level of its competitiveness, that is, the ability to produce and sell goods that are more attractive to consumers than price goods of their competitors in terms of price and non-price characteristics. It characterizes the possibilities and dynamics of adaptation to the conditions of market competition. Competition in agriculture is formed simultaneously by farms with different forms of ownership and management according to the most favorable economic conditions. Since competitiveness lies in the ability of any market entity to outstrip competitors in achieving the set strategic goals, to consolidate their positions in the market and to derive some benefits for effective operation is considered to be one of the most elements.

References

1. The speech of the President of Uzbekistan Sh. Mirziyoyev at the extended meeting of the Cabinet of Ministers on January 14, 2017, devoted to a comprehensive analysis of the results of the country's social and economic development in 2016 and determining the most important priorities of the economic program for 2017. The popular word. January 19, 2017, No. 3.

2. The Decree of the President of the Republic of Uzbekistan Sh. Mirziyoyev on January 23, 2017 "On the Strategy of Actions for the Further Development of the Republic of Uzbekistan".

3.Altukhova LA, Semko I.A. Methodology for a comprehensive assessment of the level of competitiveness of agricultural entrepreneurial structures // Journal of Russian Entrepreneurship. – 2011.

4. Gusakov VG The newest economy and organization of agriculture in the conditions of market formation: scientific search, problems, solutions / VG Gusakov. – Minsk: Institute of System Studies in the AIC, 2008. – 431 p.

5. Pelikh SA Innovative investment environment in the agro-industrial complex of China and Belarus: analysis, problems, solutions / SA Pelikh, Van Yaotian. – Minsk: Law and Economics, 2012. – 176 p.

Лоозе В.В.
старший научный сотрудник
ФГБУ НИИПХ Росрезерва
Россия, Москва
vaalfa@yandex.ru
Орловцева О.А.
к.т.н., доцент
РЭУ им. Г.В. Плеханова
Россия, Москва
starosta1981@inbox.ru
Привалов В.И.
старший научный сотрудник
Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова
Россия, Москва
privalov@igic.ras.ru
Никитин И.А.
д.т.н., профессор
РЭУ им. Г.В. Плеханова
Россия, Москва
vaalfa@yandex.ru

ИЗУЧЕНИЕ ФОРМ СВЯЗИ ВЛАГИ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ МЕТОДОМ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

Аннотация. В данной статье методом ядерного магнитного резонанса (ЯМР) изучена влага зерна пшеницы различных форм связи, выдвинута гипотеза о влиянии количественного соотношения связной и прочно связной влаги в зерне пшеницы на пригодность зерна к длительному хранению без

потери показателей качества и сохранением сорта и типа. Представлены численные оценки количества гидратной воды четырех образцов пшеницы, определенной методом ядерного магнитного резонанса.

Ключевые слова: зерно, влажность, длительное хранение, свободная влага, связная влага, ядерный магнитный резонанс, температура.

Loose V.V.
Senior Researcher
FSBI NIIPH Rosrezerva
Russia, Moscow
vaalfa@yandex.ru
Orlovtseva O.A.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Plekhanov Russian University of Economics
Russia, Moscow
starosta1981@inbox.ru
Privalov V.I.
Senior Researcher
Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry of the Russian Academy of Sciences (IGIC RAS)
Russia, Moscow
privalov@igic.ras.ru
Nikitin I.A.
Doctor of Technical Sciences, Professor
Plekhanov Russian University of Economics
Russia, Moscow
vaalfa@yandex.ru

STUDY OF BINDING FORMS OF WHEAT GRAIN MOISTURE BY NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE

Abstract. In this article by the method of nuclear magnetic resonance (NMR) studied the moisture of wheat grain in various forms of communication, hypothesized the effect of the quantitative ratio of cohesive and strongly cohesive moisture in wheat grain on the suitability of grain for long-term storage without loss of quality indicators and preservation of variety and type. Numerical estimates of the amount of hydrated water of four wheat samples determined by nuclear magnetic resonance are presented.

Keywords: grain, humidity, long-term storage, free moisture, cohesive moisture, nuclear magnetic resonance, temperature.

Для обеспечения качественного длительного хранения зерновых культур в зернохранилищах, рекомендуется окончательная массовая доля влаги зерна 12-14%. Удаляемая при сушке свободная и слабо связная влага (физико-механическая и физико-химическая связь) содержится в зерновке за счет сорбционных свойств крахмала [2], его капиллярно-пористой структуры и способности отдельных биохимических веществ и областей зерна – зародыша, чешуйчатых оболочек, алейронового слоя и эндосперма, рисунок 1, поглощать и удерживать строго определенное количество воды.

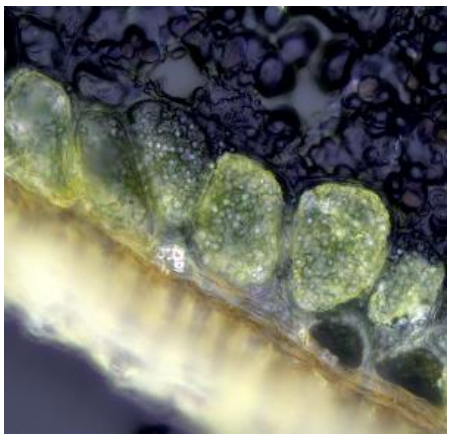


Рис. 1. Фотография микроструктуры края зерновки пшеницы при увеличении 1500 раз. Чешуйчатые оболочки – жёлтого цвета. Алейроновый слой не содержащий крахмал жёлто-зелёного цвета. Эндосперм, содержащий крахмал, окрашен люголем в тёмно-синий цвет

В свете ведущей роли Российской Федерации в мировой экономической системе и планируемого увеличения объёма экспорта пшеницы в полтора раза к 2030 году [1], зерновой рынок Российской Федерации в значительной степени должен быть ориентирован на экспортные технологии регулируемых во времени поставок зерна в контролируемых объемах. Такое требование, в качестве обязательной составляющей, должно опираться на совершенные технологии длительного хранения зерна как в государственном материальном резерве, так и при экспортных поставках. Это обуславливает необходимость дальнейшего развития теории сохранности зерна при его длительном хранении. Влажность оказывает критически важное влияние на потенциал хранения зерна, его способность выдерживать длительное хранение без ухудшения физико-химического комплекса показателей качества и увеличения количественных потерь.

В монографии Е.Д. Казакова, В.Л. Кретовича [2] были рассмотрены функции воды в зерне. Изучение физиологических процессов созревания семян и взаимосвязь с состоянием внутренней влаги выполнялось методом ядерно-магнитного резонанса в работах Сапаева Б., 2019 [3]. Результаты ЯМР 1Н-спектроскопии пивоваренного ячменя, а также образцов крахмала и клейковины, взятых в качестве модельных систем представлены в работе Данильчук Т.Н., 2008 [4]. Методики оценки состояния влаги в объектах биоорганической природы на основе спектроскопии ЯМР разработаны в работе Ивановой В.Н., 2019 [5]. Анализ литературы показал, что вопросу распределения влаги в моно- или полимолекулярных слоях на внутренних и внешних поверхностях зерновки было уделено недостаточно внимания.

Целью данной работы являлось выявление методами ЯМР концентраций влаги физико-механической, физико-химической и химической формы связи в тканях зерна пшеницы для понимания физиологических процессов, формирующих стойкость зерна к длительному хранению [6].

Для изучения гидратной влаги пшеницы методом ЯМР высокого разрешения, было отобрано четыре образца пшеницы 3 класса урожая 2021 г., одинаковых условий хранения с равной массовой долей влаги 12,4%, но различающиеся технологическими показателями, таблица 1.

Таблица 1

Технологические показатели четырёх образцов зерна пшеницы 3-го класса урожая 2021 года

Показатель качества	Номер образца и сорт пшеницы			
	№ 1 Галина	№ 2 Линия КС 70/21	№ 3 Линия КС 40/21	№ 4 Линия КС 65/21
Масса 1000 зёрен, г	43,35	44,93	38,05	41,67
Содержание белка, % к массе зерна	15,2	14,2	13.4	12,3
Содержание клейковины, % к массе белка	30,5	28,8	26,0	23,0
Содержание крахмала, % масс	57,8	56,3	56,8	57,8
Массовая доля влаги, % к массе зерна	12,4	12,4	12,4	12,4

Зерновку пшеницы загружали в калиброванные ЯМР ампулы диаметром 5 мм на высоту 40 мм от дна ампулы. Спектры ЯМР ^{1}H записывались по стандартной одноимпульсной программе на спектрометре высокого разрешения “AVANCE-300” (Bruker, Германия).

Спектры записывали при частоте ЯМР ^{1}H резонанса 300,21 МГц., длительность импульсов возбуждения составляла 2 мкс (30-градусной импульс), период следования импульсов был равен 1 секунде, а количество накопления сканов составляло 64 [2]. Все химические сдвиги протонов (^{1}H) в миллионных долях (м.д.) исследованных образцов приведены относительно сигнала тетраметилсилана $Si(CH_3)_4$, как внешнего стандарта. Однородность магнитного поля спектрометра настраивалась по сигналу ЯМР дейтерия образца тяжёлой воды [9].

Анализ особенностей процесса термического упрочнения рельсов

Обзорные спектры и спектры узких линий ЯМР 1Н спектроскопии образцов пшеницы 3-его класса 2021 года, рисунок 2 (а, б) записаны при комнатной температуре 25°С и представляют собой сумму двух линий – широкой и узкой, имеют схожую структуру и состоят из одной широкой линии с шириной на полувысоте порядка- 36000 Гц. и из узкой центральной линии с шириной на полувысоте порядка- 1500 Гц. Широкую линию дают сигналы неподвижных протонов ^{1}H, входящих в состав неподвижных биоорганических молекул зёрен. Широкая линия соответствует резонансу прочно «заши-

тых» протонов органической матрицы зерновки – преимущественно протонов, входящих в структуру белков и глюкозных остатков в полимерах крахмала, целлюлозы и гемицеллюлозы.

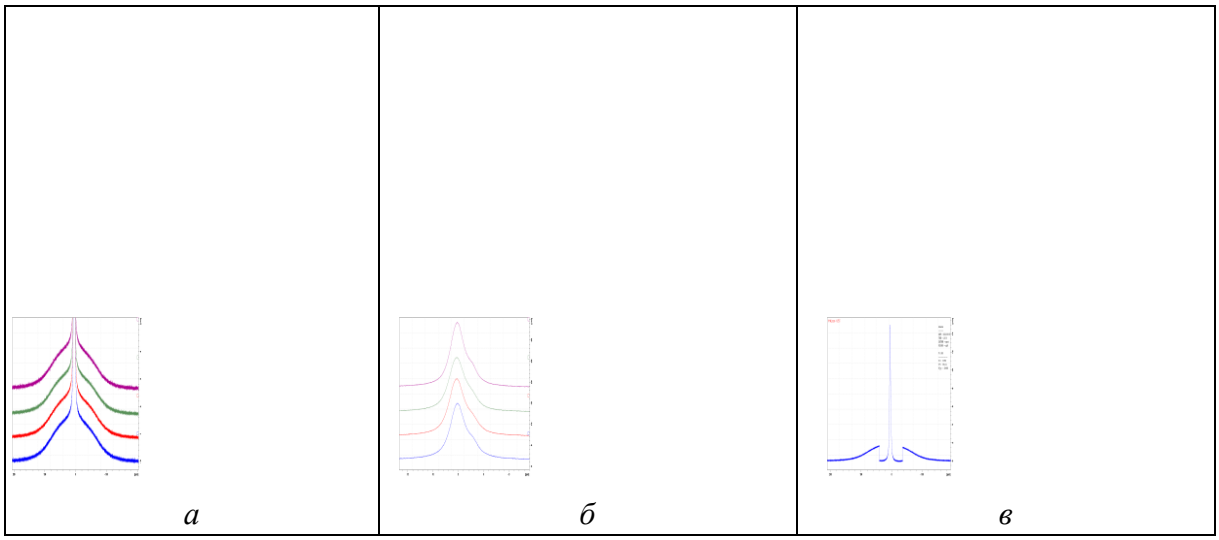


Рис. 2. Результаты ЯМР ^{1}H спектроскопии образцов №1, №2, №3, №4 (снизу вверх) пшеницы 3-его класса урожая 2021 года:
а) обзорные спектры; б) растянутые спектры; в) обзорный спектр широкой и узкой линии с вычитанием широкой линии образца №1

Химический сдвиг 1H основной линии +5,15 м.д. наиболее близок по величине к химическому сдвигу образца нейтральной жидкой воды +4,70 м.д. и поэтому его можно условно отнести к сигналу 1H слабо связной воды зерновки пшеницы, а сигнал 1H вспомогательной линии с химическим сдвигом +2,47 м.д. можно отнести к сигналу прочно связанной воды. Этот сигнал может быть отнесен как к адсорбционно связанной воде, так и к прочной химически-связной воде [7].

По результатам анализа спектрограмм установлено, что узкая линия отражает содержание протонов водорода воды двух типов и соответствует резонансной частоте относительно свободных протонов воды, как слабо связной воды, так и прочно связанной. Графики обработанных данных для измерения относительной интегральной интенсивности узкой линии всех подвижных протонов в процентах представлены на рисунке 3 (*а, б, в)*.

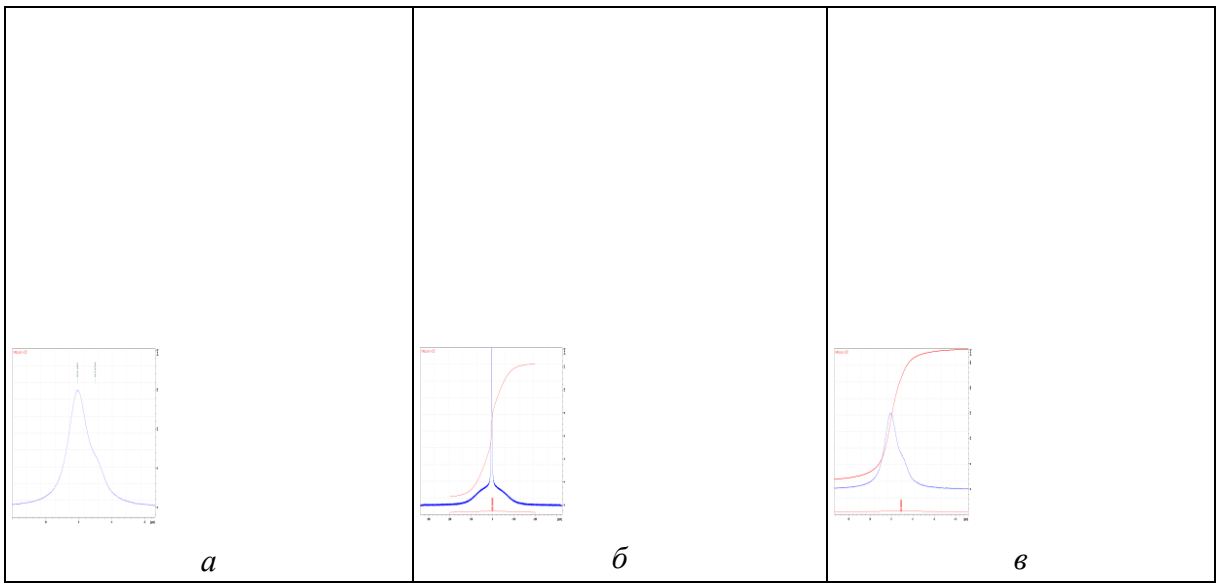


Рис. 3. Графическая интерпретация расчета массовой доли воды по данным спектроскопии ЯМР ^1H (300,21 МГц.) образца №1:
а) комплексная узкая линия; б) обзорный спектр широкой и узкой линии и их суммарная интегральная интенсивность, принятая за 100%; в) растянутый спектр узкой линии и его интегральная интенсивность (21,0%) относительной суммарной интегральной интенсивности

Согласно проведённым ЯМР исследованиям [4] величину интегральной интенсивности можно считать ЯМР-измеренной влажностью образца. Исходя из полученных результатов, таблица 2, можно сделать вывод, что ЯМР влажность исследуемых образцов не однородна по сравнению с массовой долей влаги. Свободной воды в исследуемых образцах не обнаружено. Доля прочно связанной воды изменяется в зависимости от сорта и типа зерна.

Таблица 2

Содержание общей, связной и прочно связанной воды в исследованных образцах пшеницы

Содержание воды	Номер образца и сорт пшеницы			
	№ 1 Галина	№ 2 Линия КС 70/21	№ 3 Линия КС 40/21	№ 4 Линия КС 65/21
Суммарная ЯМР влажность, %	21,0	21,7	22,5	23,5
Влажность за счет слабо связанной воды (физико-химическая связь)	7,73	10,59	10,9	14,24
Влажность за счет прочно связанной воды (химическая связь)	13,27	11,11	11,6	9,25

В научных работах [8] ранее было показано, что слабо связная и прочно связная вода взаимно обменивается через плазматическую мембрану и скорость обмена зависит от проницаемости плазматической мембраны и качества зерна.

Для уточнения взаимосвязи полученных результатов ЯМР влажности с качественными характеристиками зерна, было проведено их сравнение, таблица 3, с учётом весомости критических показателей качества и данных, полученных методом термогравиметрии (ТГМ) [6].

Таблица 3

Сравнение связной и прочно связанной воды с качественными показателями исследованных образцов пшеницы

Содержание воды	Номер образца и сорт пшеницы			
	№ 1 Галина	№ 2 Линия КС 70/21	№ 3 Линия КС 40/21	№ 4 Линия КС 65/21
Влага слабо связанной воды по ЯМР (физико-химическая связь), %	7,73	10,59	10,9	14,24
Влага прочно связанной воды по ЯМР (химическая связь), %	13,27	11,11	11,6	9,25
Влага свободной воды по ТГМ (физико-механическая связь),%	0,03	0,04	0,13	0,07
Влага слабо связанной воды по ТГМ (физико-химическая связь), %	3,0	3,82	4,2	5,71
Влага прочно связанной воды по ТГМ (химическая связь), %	8,54	4,34	4,9	0,72
Масса 1000 зёрен, г	799	784	784	785
Стекловидность, %	76	65	64	40
Белок,%	15,2	14,2	13,4	12,3
Клейковина, %	30,5	28,8	26	23
Крахмал,%	57,8	56,3	56,8	57,8

С учетом изложенной информации выдвигается гипотеза о влиянии соотношения концентрации влаги в зерновке с физико-химической и химической связью на хранитивную долговечность зерна. Предполагается, что в процессе хранения, при соблюдении требуемых условий сохранности зерна, свободная влага (физико-механическая связь) удалена или содержится в минимальном количестве, а концентрация слабо связной и прочно связной влаги (физико-химическая и химическая связь) распределяется в зависимости от сорта и типа зерна. При этом количество сильно связной влаги обратно пропорционально, а прочно связной влаги прямо пропорционально уровню хранитивной долговечности зерна.

Связная и прочно связная влага пшеницы, определённая по ЯМР, соотносится с данными по ТГМ и имеет обратно пропорциональную кинетику установления взаимосвязи с критическими показателями качества, определяющими стойкость зерна пшеницы к длительному хранению [6]. С учетом изложенной информации выдвигается гипотеза о влиянии соотношения концентрации влаги в зерновке с физико-химической и химической связью на предрасположенность сорта и типа зерна к длительному хранению.

Методом ЯМР 1Н спектроскопии определены значения влаги с физико-химической и химической связью. Предполагается, что в процессе хранения, при соблюдении требуемых условий сохранности зерна, свободная влага (физико-механическая связь) удалена или содержится в минимальном количестве, а концентрация слабо связной и прочно связной влаги (физико-химическая и химическая связь) распределяется в зависимости от сорта и типа зерна и определяет стойкость зерна к длительному хранению. При этом их концентрация имеет обратно пропорциональную зависимость.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 2 июля 2021 г. №400 "О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации".

2. Казаков Е.Д., В.Л. Кретович «Биохимия зерна и продуктов его переработки», Москва, ВО «Агропромиздат, 1989 г.

3. Сапаев Б., Шайманов Ч.М., Подковыров И.Ю. Исследования поступления и состояния воды в семенах при набухании методом ядерно-магнитной резонансной спектроскопии // Известия НВ АУК. 2019. №2 (54), с. 177-182

4. Данильчук Т.Н., and Привалов В.И. "Состояние воды в зерновках ячменя "Пиво и напитки, №3, 2008, с. 18-19.

5. Иванова В.Н., Лукин Н.Д., Привалов В.И и др. Изучение состояния воды в объектах биоорганической природы методом спектроскопии ядерного магнитного резонанса // – Москва : ТД "ДеЛи", 2019. – 123 с.

6. Лоозе В.В., Белецкий С.Л., Сидоренко Ю.И. Обоснование необходимости создания новой товарной номенклатуры зерна пшеницы для обеспечения продовольственной безопасности России // В сборнике: Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение. Сборник научных статей и докладов IX Международной научно-практической конференции. Воронеж, 2023. С. 17-23.

7. Воловенко Ю.М., Карцев В.Г., Комаров И.В., Туров А.В., Хиля В.П., книга «Спектроскопия ядерного магнитного резонанса для химиков», Москва, ICSPF, (2011), 704 с.

8. Кришнан П., Джоши Д.К., Нагараджан С., Мохарир А.В. Характеристика прорастающих и непрорастающих семян пшеницы методом спектроскопии ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Eur Biophys J. 2004 Февраль; 33(1): 76-82

Богданчиков И.Ю.
к.т.н., доцент, научный сотрудник
ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»
Россия, Москва
bogdanchikoviy62@yandex.ru
Митрофанов С.В.
к.с-х.н., научный сотрудник
ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»
Россия, Москва
f-mitrofanoff2015@yandex.ru
Ананичева Е.П.
к.э.н., доцент, заместитель декана факультета землеустройства
и управления природопользованием
ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»
Россия, Москва
tep_07@mail.ru

СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ УТИЛИЗАЦИИ СОЛОМЫ ПО РАСХОДУ ТОПЛИВА

Аннотация. В статье представлены результаты анализа работы зерноуборочных комбайнов Дон-1500Б, КЗС-1218 «Палессе», Acros 595 Plus при уборке озимой пшеницы с различной урожайностью в условиях Рязанской области. Проведено сравнение работы комбайнов с работающим соломоизмельчителем и без по расходу топлива. Наиболее экономичную работу продемонстрировал Acros 595 Plus со средним расходом топлива 4,6 кг/т при средней урожайности 25,4 ц/га (зерно) и 33,0 ц/га (солома). Выявлено, что при высокой урожайности убираемой культуры (более 35 ц/га) соломоизмельчитель комбайна следует отключать, а измельчение производить валковыми измельчителми. Технологии утилизации соломы, связанные с её уборкой и транспортировкой за пределы поля не эффективным с точки зрения эксплуатационных затрат (расход топлива увеличивается более чем на 50%).

Ключевые слова: уборка, солома, утилизация, измельчение, удобрение, машинно-тракторный парк, топливо.

Bogdanchikov I.Yu.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Scientist
State University of Land Use Planning
Russia, Moscow
bogdanchikoviy62@yandex.ru
Mitrofanov S.V.
Candidate of Agricultural Sciences, Scientist
State University of Land Use Planning
Russia, Moscow
f-mitrofanoff2015@yandex.ru
Ananicheva E.P.
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Deputy Dean of the faculty of land management and environmental management
State University of Land Use Planning
Russia, Moscow
tep_07@mail.ru

COMPARISON OF STRAW DISPOSAL METHODS BY FUEL CONSUMPTION

Abstract. The article presents the results of the analysis of the operation of grain harvesters Don-1500B, KZS-1218 "Palesse," Acros 595 Plus when harvesting winter wheat with different yields in the Ryazan region. A comparison was made of the operation of combines with a working straw grinder and without fuel consumption. The most economical work was demonstrated by the Acros 595 Plus with an average fuel consumption of 4.6 kg/t with an average yield of 25.4 c/ha (grain) and 33.0 c/ha (straw). It was revealed that with a high yield of the harvested crop (more than 35 c/ha), the combine's straw grinder should be turned off, and grinding should be carried out with roller grinders. Technologies for the disposal of straw associated with its cleaning and transportation outside the field are not effective in terms of operating costs (fuel consumption increases by more than 50%).

Keywords: cleaning, straw, disposal, grinding, fertilizer, machine and tractor fleet, fuel.

Россия является одним из мировых лидеров по производству зерновых культур и с каждым годом объёмы производства увеличиваются [1]. На рисунке 1 представлена динамика собранного урожая озимой пшеницы и её средняя урожайность, диаграмма построена по данным Росстата [2].

Вместе с основной продукцией – зерном, получают и побочную, более 80% которой приходится на солому [3, 4, 5], главной особенностью которой является то, что она превышает основную по массе и объёму в 1,3-1,5 раза [3, 4, 5] (Рисунок 1).

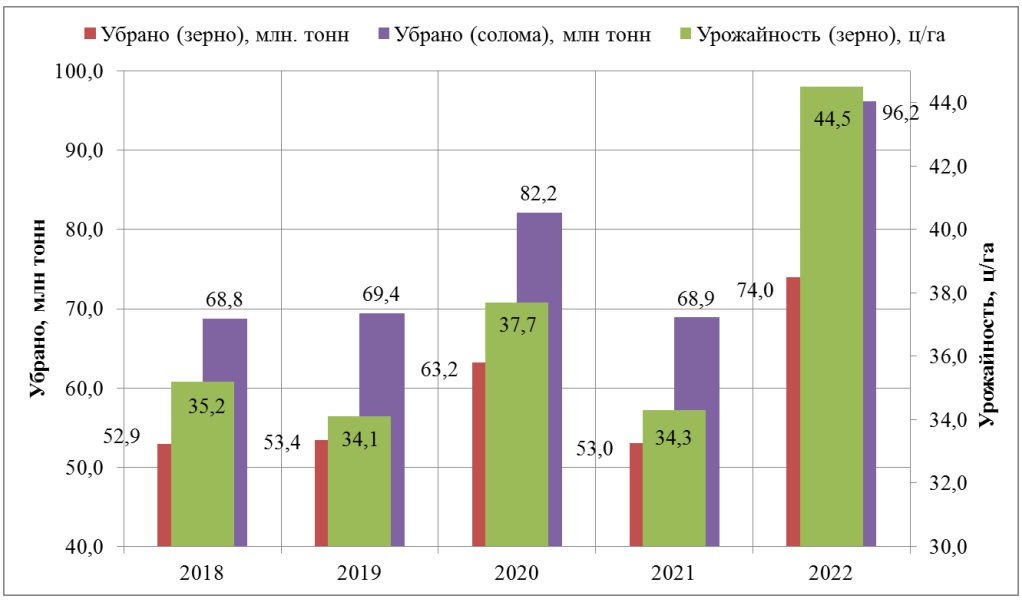


Рис. 1. Динамика собранного урожая и урожайность озимой пшеницы

Рост объёмов побочной продукции приводит к увеличению загрузки уборочной и вспомогательной техники, при этом наблюдается дефицит техники. Так, например, по данным Росстата [2] на 1 зерноуборочный комбайн приходится 460 га пашни, тогда как в планах к 2035 году (долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года)

снизить этот показатель до 278 га. Поэтому вопросы эффективной эксплуатации техники при утилизации побочной продукции растениеводства являются актуальными.

На основе анализ источников литературы [4, 5, 6, 7, 8, 9], а также предприятий АПК Рязанской области была составлена схема вариантов утилизации соломы (Рисунок 2), которые можно разделить, по вариантам перемещения соломы, на два основных варианта:

- вывоз за пределы поля для различных хозяйственных нужд;
- использование в пределах поля.

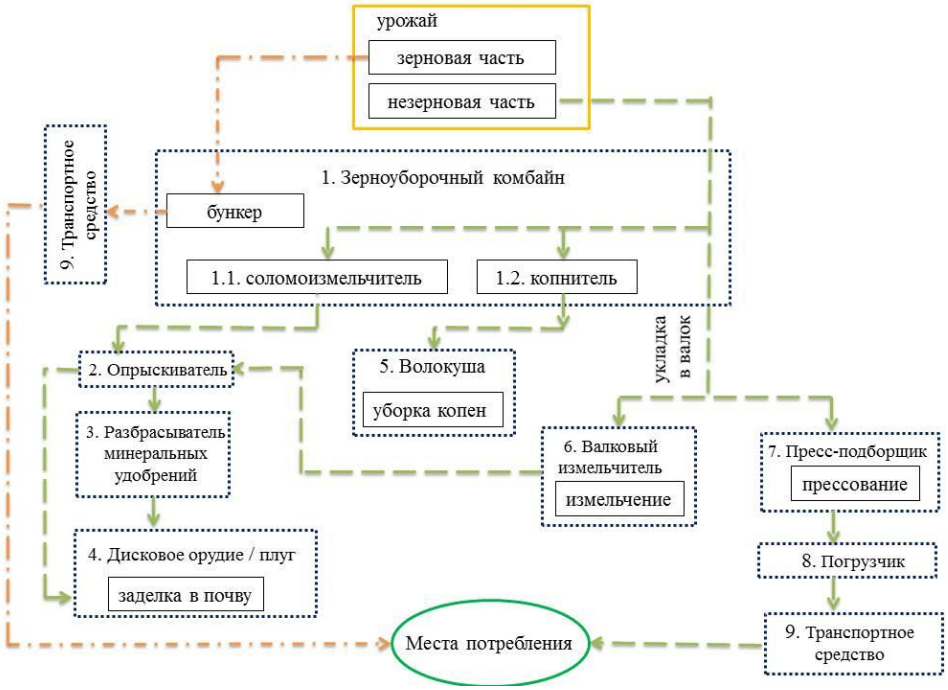


Рис. 2. Варианты утилизации соломы

Очевидно, что одним из перспективных направлений утилизации соломы в качестве удобрения является использование её в качестве удобрения. Сразу решается целый комплекс важных задач:

1. Не нужно организовывать сбор и транспортировку соломы с поля;
2. Часть элементов питания возвращается в почву, что также ствет-ствует принципам органического земледелия.

Зачастую определяющим фактором в реализации технологии утилизации соломы является оснащенность предприятия соответствующим машинно-тракторным парком и возможностями зерноуборочных комбайнов. Учитывая высокую загрузку техники, актуальным является поиск вариантов эффективного её использования.

Целью исследования является сравнение технологий утилизации соломы по расходу топлива.

Материалы и методы

Анализ работ [6, 7, 9, 10] показывает, что правильно подобранная под конкретные условия эксплуатации техника может развивать максимальную производительность с минимальными затратами, включая и расход топлива.

Сбор данных проводился на предприятиях АПК Рязанской области в 2023 г. при уборке озимой пшеницы. В рамках одного поля выделись равные (по площади (5 га), форме и урожайности) участки, которые убирались зерноуборочными комбайнам марок Дон-1500Б (B_p=6м), КЗС-1218 «Палессе» (B_p=7м), Acros 595 Plus (B_p=7м) с включенным соломоизмельчителем и с отключенным. Для утилизации соломы из валков применялись самые распространенные для Рязанской области машинно-тракторные агрегаты МТЗ-82+ПРФ-145 и МТЗ-82+ИС-2,3, погрузка и транспортировка рулонов/тюков осуществлялась МТЗ-82+ПУ-12М и МТЗ-82+2ПТС-4.

Удельный расход топлива на 1 тонну убранного урожая (зерно, солома) определялось по выражению:

$$g_y = \frac{Q}{G_T}, \quad (1)$$

где g_y – удельный расход топлива на 1 тонну убранного урожая (зерно, солома), кг/т; Q – убрано урожая, т; G_T – израсходовано топлива, кг.

Для определения биологической урожайности полученной продукции на каждом участке бросалась рамка площадью 1м^2 и собирались по 3 сноп. В каждом снопе определяли число растений, количество всех и продуктивных стеблей.

$$Y_б = \frac{N_{п.с.} \cdot N_{з.к.} \cdot m_з}{1000}, \quad (2)$$

где $N_{п.с.}$ – число продуктивных стедлей на площади 1 м^2; $N_{з.к.}$ – среднее число зерен в колосе, шт; mз – масса 1000 зерен.

Результаты экспериментальных исследований

Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты работы исследуемых зерноуборочных комбайнов

№ п.п.	Марка зерноуборочного комбайна	Урожайность (зерно), ц/га	Расход топлива (с измельчением соломы), л/т	Расход топлива (без измельчения соломы), л/т
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1.	Дон-1500 Б	14,3	6,7	7,7
		18,5	6,6	6,9
		21,6	6,4	6,0
		24,0	6,0	5,1

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
		25,9	5,1	4,8
		30,0	4,1	3,6
		33,4	4,4	4,0
2.	КЗС-1218	15,0	7,1	6,8
		18,8	5,8	5,5
		20,8	5,1	4,9
		24,3	4,6	4,2
		26,0	4,1	3,9
		31,0	3,5	3,2
		36,5	3,8	3,5
3.	Acros 595 Plus	15,1	6,1	6,0
		18,5	5,5	5,3
		21,0	5,1	4,9
		24,8	4,4	4,1
		26,4	4,0	3,6
		33,8	3,3	3,2
		38,5	3,7	3,4

По данным таблицы 1 был построен график (Рисунок 3).

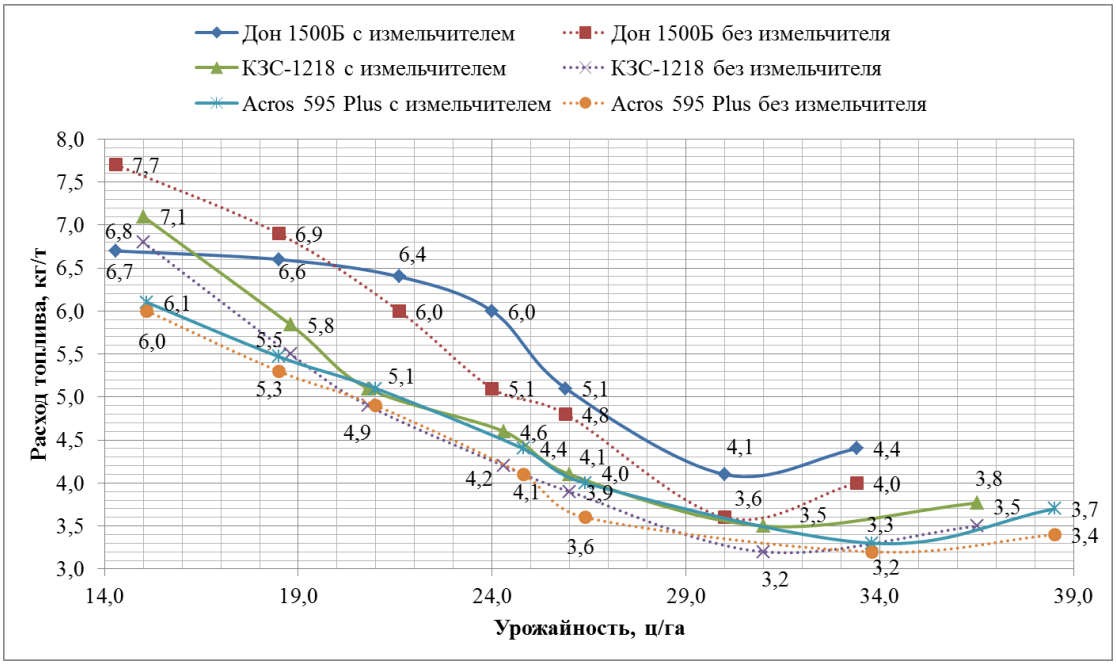


Рис. 3. Показатели расхода топлива зерноуборочных комбайнов Дон-1500Б, КЗС-1218, Acros 595 Plus при работе с измельчением соломы и без

Результаты работы машинно-тракторных агрегатов, задействованных на уборке соломы, представлены в виде графика на рисунке 4.

Расход топлива на погрузочно-транспортных работ, осуществляемый МТЗ-82+ПУ-12М и МТЗ-82+2ПТС-4, существенно не менялся от урожайности убираемой культуры и в большей степени зависел от дальности транспортировки, что так же отмечается в работах Ангелеева О.Г. [4, 5] и составил 12-14 кг/ч.

Все результаты сводим в таблицу 2.

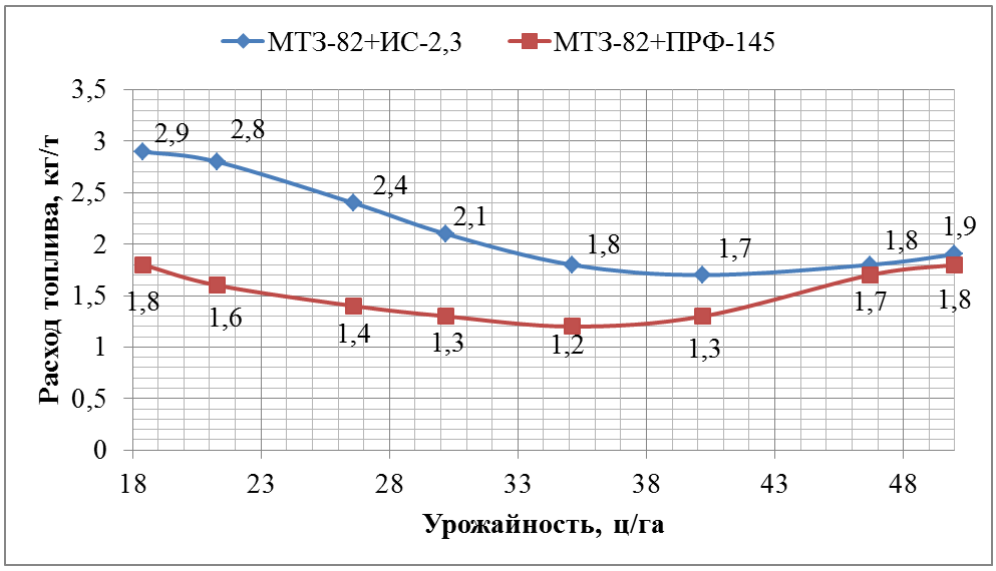


Рис. 4. Показатели расхода топлива машинно-тракторных агрегатов при уборке соломы в зависимости от урожайности

Таблица 2

Расход топлива при использовании различных вариантов утилизации соломы

№ п.п.	Машинно-тракторный агрегат	Средняя урожайность зерно/солома, ц/га	Средний расход топлива, кг/т
1.	ДОН-1500 Б с измельчением соломы	24,0 / 31,2	5,6
2.	Дон-1500Б без измельчения соломы, МТЗ-82+ИС-2,3		7,1
3.	Дон-1500Б без измельчения соломы, МТЗ-82+ПРФ-145,МТЗ-82+ПУ-12М, МТЗ-82+2ПТС-4		15,8
3.	КЗС-1218 с измельчением соломы	24,6 / 31,9	4,9
4.	КЗС-1218 без измельчения соломы, МТЗ-82+ИС-2,3		6,8
5.	КЗС-1218 без измельчения соломы, МТЗ-82+ПРФ-145, МТЗ-82+ПУ-12М, МТЗ-82+2ПТС-4		15,0
6.	Acros 595 Plus с измельчением соломы	25,4 / 33,0	4,6
7.	Acros 595 Plus без измельчения соломы, МТЗ-82+ИС-2,3		6,6
8.	Acros 595 Plus без измельчения соломы, МТЗ-82+ПРФ-145, МТЗ-82+ПУ-12М, МТЗ-82+2ПТС-4		14,9

Эффективность работы зерноуборочных комбайнов зависит от условий уборочных работ, так низкая или высокая урожайность убираемой культуре

может служить причиной увеличения расхода топлива. Были получены значения урожайности, при которых исследуемый зерноуборочный комбайн показывал наименьший расход топлива: Дон-1500Б – 30 ц/га; КЗС-1218 – 31 ц/га; Acros 595 Plus – 33,8 ц/га. Наиболее экономичную работу показал зерноуборочный комбайн Acros 595 Plus, удельный расход топлива составил 3,3 кг/т (урожайность 33,8 ц/га).

Использование валковых измельчителей оправдано на полях с высокой урожайностью (более 35 ц/га). Варианты утилизации соломы связанные с вывозом её за пределы поля подразумевают использование дополнительных машинно-тракторных агрегатов и как следствие большей расходом топлива более чем на 50% по сравнению с технологий измельчения соломы зерноуборочным комбайном.

Таким образом, наиболее рационально утилизировать солому в пределах убираемого поля, например, использовать в качестве удобрения. В дальнейшем необходимо провести анализ по расходу топлива всего технологического процесса утилизации соломы в качестве удобрения, включая операции по внесении биопрепаратов-деструкторов, минеральных удобрений и вариантов заделки растительных остатков в почву.

Список литературы

1. Горбатов, А. В. Зерно России: продовольственная и экономическая безопасность государства, экономика и политика / А. В. Горбатов, О. А. Горбатова // Социальные и экономические системы. 2023. № 4-1(45). С. 239-266.

2. Сельское хозяйство в России. 2023: Стат.сб./Росстат. М., 2023. 103 с.

3. Коэффициенты пересчета зерна и семян в побочную продукцию и содержание основных элементов питания в побочной продукции сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / Е. Н. Богатырева, Т. М. Серая, О. М. Бирюкова [и др.] // Почвоведение и агрохимия. 2016. № 2(57). С. 78-89.

4. Ангилеев О.Г. Комплексная утилизация побочной продукции растениеводства. – М.: Росагропромиздат, 1990 г. 160 с.

5. Ангилеев, О.Г. Разработка технологий и технических средств системной утилизации побочной продукции растениеводства: автореф. дис... д-ра техн. наук / О. Г Ангилев. Зерноград, 1995 г. 39 с

6. Богданчиков, И. Ю. Анализ технологий утилизации соломы / И. Ю. Богданчиков // Инновационные научно-технологические решения для АПК, Рязань, 20 апреля 2023 года. Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. С. 43-48.

7. Кожухов, А. А. Энергетический потенциал соломы. Значение и назначение / А. А. Кожухов, Д. И. Кузнецов, Ю. Ф. Лещенко // Вестник АПК Ставрополья. 2015. № 4(20). С. 35-39.

8. Богданчиков, И. Ю. Технологии и средства механизации утилизации пожнивных остатков в качестве удобрения / И. Ю. Богданчиков. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. 50 с.

9. Ряднов, А. И. Анализ расхода топлива зерноуборочными комбайнами / А. И. Ряднов, О. А. Федорова, О. И. Поддубный // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3(67). С. 466-473.

10. Ерохин, Г. Н. О расходе топлива зерноуборочным комбайном / Г. Н. Ерохин, В. В. Коновский // Наука в центральной России. – 2021. – № 5(53). – С. 35-41.

Клочков Я.М.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
ayklochkov@mail.ru
Кудряшова Д.А.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
Diobio67904@gmail.com
Научный руководитель: ***Левина Т.А.***
к.э.н., доцент, заведующая кафедрой
Московский политехнический университет
Россия, Москва
Gta03@mail.ru

УПРАВЛЕНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ В АПК

Аннотация. В статье рассматривается проблема управления бизнес-процессами в агропромышленном комплексе (АПК) в условиях рыночной экономики. Авторы анализируют основные сложности, с которыми сталкиваются предприятия АПК при моделировании и управлении бизнес-процессами, такие как сложность структуры бизнес-процессов, необходимость учёта множества факторов, влияющих на эффективность деятельности предприятий, а также необходимость адаптации бизнес-процессов к изменяющимся условиям рынка.

Для решения этих проблем предлагается использовать современные подходы к моделированию и управлению бизнес-процессами с использованием информационных технологий. Авторы статьи подчёркивают преимущества такого подхода, такие как ускорение процессов принятия решений, повышение их качества, снижение рисков, повышение надёжности процессов, оптимизация ресурсов и повышение эффективности использования оборудования.

Однако внедрение информационных технологий в управление бизнес-процессами в АПК требует тщательного планирования и подготовки. В статье также рассматриваются этапы внедрения информационных технологий в управление бизнес-процессами в АПК.

Статья представляет интерес для специалистов в области управления бизнес-процессами, а также для руководителей предприятий АПК, стремящихся повысить эффективность своей деятельности.

Ключевые слова: бизнес-процессы, агропромышленный комплекс (АПК), моделирование, управление, информационные технологии, эффективность.

Gluhih Ya.M.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
gluhihyak@gmail.com
Kudryashova D.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow

Diobio67904@gmail.com
Scientific Advisor: ***Levina T.A.***
Candidate of Economic Sciences, Head of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Gta03@mail.ru

BUSINESS PROCESS MANAGEMENT IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Abstract. The article deals with the problem of business process management in the agro-industrial complex (AIC) in a market economy. The authors analyze the main difficulties faced by agro-industrial enterprises in modeling and managing business processes, such as the complexity of the structure of business processes, the need to take into account many factors affecting the efficiency of enterprises, as well as the need to adapt business processes to changing market conditions.

To solve these problems, it is proposed to use modern approaches to modeling and managing business processes using information technology. The authors of the article emphasize the advantages of this approach, such as speeding up decision-making processes, improving their quality, reducing risks, increasing the reliability of processes, optimizing resources and increasing the efficiency of equipment use.

However, the introduction of information technology in the management of business processes in the agro-industrial complex requires careful planning and preparation. The article also discusses the stages of information technology implementation in business process management in the agro-industrial complex.

The article is of interest to specialists in the field of business process management, as well as to managers of agricultural enterprises seeking to improve the efficiency of their activities.

Keywords: business processes, agro-industrial complex (AIC), modeling, management, information technology, efficiency.

Агропромышленный комплекс (АПК) является одним из важнейших секторов экономики, обеспечивающим продовольственную безопасность страны. В условиях рыночной экономики предприятия АПК сталкиваются с рядом проблем, связанных с моделированием и управлением бизнес-процессами. Эти проблемы включают в себя сложность структуры бизнес-процессов, необходимость учёта множества факторов, влияющих на эффективность деятельности предприятий, а также необходимость адаптации бизнес-процессов к изменяющимся условиям рынка.

Для решения этих проблем необходимо использовать современные подходы к моделированию и управлению бизнес-процессами. Одним из таких подходов является использование информационных технологий. Информационные технологии позволяют автоматизировать процессы моделирования и управления, что позволяет повысить эффективность деятельности предприятий АПК.

Применение информационных технологий в управлении бизнес-процессами в АПК имеет ряд преимуществ. Во-первых, это позволяет ускорить процессы принятия решений и повысить их качество. Во-вторых, это позволяет снизить риски и повысить надёжность процессов. В-третьих, это позволяет оптимизировать ресурсы и повысить эффективность использования оборудования.

Однако внедрение информационных технологий в управление бизнес-процессами в АПК требует тщательного планирования и подготовки. Необходимо провести анализ существующих бизнес-процессов, определить цели и задачи внедрения информационных технологий, выбрать подходящие технологии и разработать план внедрения.

В следующих разделах статьи будут рассмотрены сложности и преимущества моделирования и управления бизнес-процессами с использованием информационных технологий, а также результаты их применения на предприятиях АПК.

Агропромышленный комплекс (АПК) представляет собой сложную систему, включающую в себя множество взаимосвязанных элементов. Бизнес-процессы, происходящие в этой системе, могут быть весьма разветвлёнными и сложными. Это затрудняет их моделирование и управление, что может привести к ошибкам, задержкам и неэффективности (см. табл.).

Таблица

Сложности управления бизнес-процессами в АПК

Сложности управления бизнес-процессами в АПК	Описание
Зависимость от погодных условий	Сельскохозяйственное производство сильно зависит от погодных условий, таких как температура, осадки, влажность и другие факторы. Это может привести к непредсказуемости результатов и рискам для бизнеса.
Сезонность производства	Многие сельскохозяйственные культуры имеют сезонный характер производства. Это требует планирования и управления ресурсами с учётом сезонных колебаний спроса и предложения.
Разнообразие продукции	АПК производит широкий спектр продукции, включая зерновые, овощи, фрукты, мясо, молоко и другие. Это требует разнообразия подходов к управлению и маркетингу.
Риски, связанные с животными и растениями	Сельское хозяйство подвержено рискам, связанным с болезнями животных и растений, а также с вредителями. Это может потребовать дополнительных мер по контролю и профилактике.
Сложности с логистикой	Доставка продукции до конечных потребителей может быть сложной задачей из-за удалённости сельскохозяйственных регионов и сезонности производства.
Недостаток квалифицированных кадров	АПК может испытывать недостаток квалифицированных специалистов, особенно в отдалённых регионах. Это может затруднить управление бизнес-процессами.
Государственное регулирование	Сельское хозяйство регулируется государством, что может создавать дополнительные сложности в управлении бизнес-процессами.
Конкуренция	АПК сталкивается с конкуренцией со стороны других производителей, как внутри страны, так и на международном рынке. Это требует постоянного анализа рынка и адаптации бизнес-процессов.

Также моделирование бизнес-процессов требует учета большого количества факторов. В АПК существует множество факторов, которые могут повлиять на эффективность деятельности предприятий. К ним относятся погодные условия, цены на сырьё и готовую продукцию, конкуренция, законодательство и другие. Учёт всех этих факторов может быть сложным и трудоёмким.

Так же рынок АПК является динамичным и подвержен изменениям. Предприятия должны быть готовы к адаптации своих бизнес-процессов к новым условиям, чтобы оставаться конкурентоспособными. Это требует от предприятий гибкости и способности быстро реагировать на изменения.

Преимущества использования информационных технологий для управления бизнес-процессами в АПК.

Информационные технологии играют ключевую роль в повышении эффективности и конкурентоспособности предприятий агропромышленного комплекса. Они позволяют автоматизировать процессы сбора, обработки и анализа данных, что приводит к значительному улучшению качества управленческих решений.

Автоматизация процессов сбора и обработки данных позволяет ускорить процессы принятия решений. Это особенно важно в условиях быстро меняющегося рынка и высокой конкуренции. Благодаря информационным технологиям предприятия АПК могут оперативно реагировать на изменения внешней среды и принимать обоснованные решения, которые способствуют повышению эффективности деятельности.

Автоматизация процессов сбора и обработки данных также позволяет повысить качество принимаемых решений. Информационные технологии обеспечивают доступ к более точной и полной информации, что позволяет анализировать ситуацию более глубоко и всесторонне. В результате предприятия АПК могут принимать более обоснованные и эффективные решения, которые способствуют достижению стратегических целей.

Использование информационных технологий также способствует снижению рисков, связанных с ошибками, задержками и неэффективностью. Автоматизация процессов позволяет минимизировать человеческий фактор, который часто является причиной ошибок и сбоев в работе. Это особенно важно для предприятий АПК, где сбои в работе могут привести к серьёзным последствиям, таким как потеря урожая или снижение качества продукции.

На рисунке приведен примерный список действий для внедрения информационных технологий в АПК.



Рис. График действий для внедрения информационных технологий в АПК

Этот список включает:

1. Анализ текущего состояния предприятия:

1.1. Проведите аудит существующих бизнес-процессов и информационных систем.

1.2. Определите, какие информационные технологии могут быть полезны для оптимизации процессов и повышения эффективности работы.

2. Выбор информационных технологий:

2.1. Изучите рынок информационных технологий и выберите те, которые наиболее соответствуют потребностям вашего предприятия.

2.2. Рассмотрите возможность использования облачных решений, которые позволят снизить затраты на инфраструктуру и обслуживание.

3. Разработка стратегии внедрения:

3.1. Разработайте стратегию внедрения информационных технологий, которая будет учитывать цели и задачи предприятия, а также ресурсы, необходимые для реализации проекта.

3.2. Определите этапы внедрения и сроки выполнения каждого этапа.

4. Обучение персонала:

4.1. Обучите сотрудников работе с новыми информационными технологиями.

4.2. Организуйте тренинги и семинары для повышения квалификации персонала.

5. Внедрение информационных технологий:

5.1. Установите и настройте выбранные информационные технологии на предприятии.

5.2. Обеспечьте техническую поддержку и обслуживание информационных систем.

6. Мониторинг и оценка результатов:

6.1. Следите за работой информационных технологий и анализируйте их влияние на бизнес-процессы.

6.2. Собирайте обратную связь от сотрудников и руководителей о работе информационных систем.

7. Оптимизация и улучшение:

7.1. На основе полученных результатов оптимизируйте работу информационных технологий.

7.2. Внедряйте новые функции и улучшения для повышения эффективности работы предприятия.

8. Постоянное развитие:

8.1. Регулярно обновляйте информационные технологии и следите за новыми тенденциями в отрасли.

8.2. Участвуйте в отраслевых мероприятиях и обменивайтесь опытом с другими предприятиями АПК.

Важно помнить, что внедрение информационных технологий – это долгосрочный процесс, который требует времени, ресурсов и усилий. Однако результаты могут быть значительными и способствовать повышению эффективности работы предприятия и улучшению качества продукции.

Наконец, информационные технологии позволяют обеспечить непрерывность и надёжность процессов. Автоматизация процессов позволяет избежать ошибок, связанных с человеческим фактором, и обеспечить бесперебойную работу предприятия. Это особенно важно для предприятий АПК, где сбои в работе могут привести к серьёзным последствиям, таким как потеря урожая или снижение качества продукции.

В заключение стоит отметить, что АПК является одним из важнейших секторов экономики, обеспечивающим продовольственную безопасность страны. В условиях рыночной экономики предприятия данного комплекса сталкиваются с рядом проблем, связанных с моделированием и управлением бизнес-процессами. Эти проблемы включают в себя сложность структуры бизнес-процессов, необходимость учёта множества факторов, влияющих на эффективность деятельности предприятий, а также необходимость адаптации бизнес-процессов к изменяющимся условиям рынка.

Для решения этих проблем необходимо использовать современные подходы к моделированию и управлению бизнес-процессами, одним из которых является использование информационных технологий. Информационные технологии позволяют автоматизировать процессы моделирования и управления, что, в свою очередь, позволяет повысить эффективность деятельности предприятий АПК.

Применение информационных технологий в управлении бизнес-процессами в АПК имеет ряд преимуществ. Во-первых, это позволяет ускорить

процессы принятия решений и повысить их качество. Во-вторых, это позволяет снизить риски и повысить надёжность процессов. В-третьих, это позволяет оптимизировать ресурсы и повысить эффективность использования оборудования.

Однако внедрение информационных технологий в управление бизнес-процессами в АПК требует тщательного планирования и подготовки. Необходимо провести анализ существующих бизнес-процессов, определить цели и задачи внедрения информационных технологий, выбрать подходящие технологии и разработать план внедрения.

В результате проведённого исследования можно сделать вывод, что использование информационных технологий в управлении бизнес-процессами в АПК является перспективным направлением, которое может привести к повышению эффективности деятельности предприятий и обеспечению продовольственной безопасности страны.

Дальнейшие исследования в этой области могут быть направлены на разработку конкретных подходов к моделированию и управлению бизнес-процессами с использованием информационных технологий, а также на оценку результатов их применения на предприятиях АПК.

Список литературы

1. Информационные технологии в управлении подразделением предприятия АПК / С.А. Бронов, С.Н. Титовский, Н.Д. Амбросенко [и др.]. Красноярск: «Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития» Материалы международной научно-практической конференции. Том 2. Часть 2. Красноярск, 2021. – С. 112-114.

2. Галанин А.Г. Автоматизация процессов производства в АПК / А.Г. Галанин. – Курск: «Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе» сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. Том 1. Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова. Курск, 2023. – С. 79-81.

Клочков А.Я.
к.т.н., доцент
Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П.А. Костычева
Россия, Рязань
Klochkov500@mail.ru
Чернявский А.И.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
andreych2001@gmail.com
Клочков Я.М.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
ayklochkov@mail.ru
Кудряшова Д.А.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
Diobio67904@gmail.com

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ СЕНСОРНЫХ КОМПОНЕНТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация. В статье определены электрически активные дефекты в диодах. Рассчитаны параметры дефектов, создающие глубокие уровни. Определена природа этих дефектов. Показано влияние глубоких энергетических центров в полупроводниковых слоях диодов используемых в сенсорах сельхозтехники. Исследованы механизмы токопрохождения через эти структуры. Проведено исследование параметров сенсоров в зависимости от внешней температуры. Проведены независимые исследования для подтверждения достоверности полученных количественных характеристик глубоких энергетических центров. Определён механизм влияния электрически активных дефектов на вольтамперные характеристики. Даны рекомендации по режимам использования этих материалов и структур для сенсоров. Определены электрические режимы работы диодов с целью повышения срока службы и стабильности их работы сенсоров.

Ключевые слова: совершенствование технологии, средства контроля, сенсорные компоненты, сельскохозяйственная техника, инновации в сельском хозяйстве, датчики и сенсоры, контроль качества, повышение эффективности.

Klochkov A.Ya.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev
Russia, Ryazan
Klochkov500@mail.ru
Chernyavsky A.I.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow

andreych2001@gmail.com
Klochkov Ya.M.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
ayklochkov@mail.ru
Kudryashova D.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Diobio67904@gmail.com

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY AND MEANS OF CONTROL OF SENSOR COMPONENTS OF AGRICULTURAL MACHINERY

Abstract. The article identifies electrically active defects in diodes. The parameters of defects that create deep levels are calculated. The nature of these defects has been determined. The influence of deep energy centers in semiconductor layers of diodes used in sensors of agricultural machinery is shown. The mechanisms of current flow through these structures are investigated. A study of sensor parameters depending on the external temperature was carried out. Independent studies have been conducted to confirm the reliability of the obtained quantitative characteristics of deep energy centers. The mechanism of influence of electrically active defects on the voltage characteristics has been determined. Recommendations are given on the modes of use of these materials and structures for sensors. The electrical modes of operation of the diodes have been determined in order to increase the service life and stability of their sensors.

Keywords: technology improvement, controls, sensor components, agricultural machinery, innovations in agriculture, sensors and sensors, quality control, efficiency improvement.

Широкая автоматизация машин и оборудования сельхозтехники заставляет выявлять новые пути повышения качества и надёжности элементной базы сенсоров и управляющих элементов различной техники. Особенно это актуально в настоящее время для появления нейросетей и искусственного интеллекта, где сенсоры и различные датчики могут определять достоверность и надёжность принятия решений корректирующих воздействий при выполнении тех или иных задач, особенно это связано с безопасностью и жизнедеятельности социума среды обитания природных ресурсов и её экологии.

Научная актуальность и значимость работы заключается в том, что в современных условиях и быстро меняющемся мире методы и средства контроля [1] импортозамещения в сельскохозяйственном производстве [2-3] особенно актуально в автоматизированных системах и машин где широко используются сенсоры [4-9]. Срок службы или эксплуатации этих датчиков зависит от внешних условий климатических и иных факторов [3,10-15]. Также качество сенсорных датчиков определяется материалами и технологией производства [1-4]. Оказывается даже в новых датчиках реально могут находится остаточные дефекты [2,16-19] или появляются новые дефекты за

время использования сенсоров в машинах и оборудовании в сельскохозяйственном производстве, влияющие на эксплуатационные параметры управляющих компонентов сельхозтехники [3,20-23]. В процессе эксплуатации полупроводниковой электроники в сельскохозяйственной технике под действием внешних факторов также возникают дефекты, которые влияют на срок эксплуатации сенсоров машин и оборудования [1-4]. До настоявшего времени в технологии и средств контроля возникающих дефектов в сенсорных компонентах находятся на начальной стадии [5]. Поэтому актуально проведение исследований новых материалов и структур, из которых изготовляются сенсоры способные повысить срок службы [3]. Таким образом, для выявления путей повышения стабильности и надёжности датчиков необходимо совершенствовать технологию средств контроля сенсоров и управляющих компонентов сельхозтехники [3,5]. В данной статье показано, как возможно определять электрически активные дефекты в материалах и структур. Эти дефекты влияют на рабочие характеристики сенсоров в зависимости от полупроводниковых элементов материала и его появления дефектов в широком диапазоне температур [2,4]. Наши исследования позволили дать конкретные рекомендации по совершенствованию технологии средств контроля подтверждённых дефектов независимыми методами [1] влияющие на электрофизические параметры диодов применяемых в качестве сенсоров [2-4].

Определить дефекты, влияющие на электрофизические параметры полупроводниковых сенсоров – диодов. Выяснить пути повышения стабильности и надёжности элементной полупроводниковой базы путем влияния электрически активных дефектов на параметры диодов. Дать рекомендации из температурной зависимости по эксплуатации этих датчиков. Предложить полупроводниковый материал по импортозамещения изготовления сенсоров сельхозтехники.

Теоретический анализ параметров сенсоров том числе механизма токопрохождения в зависимости от качества материала и влияния температуры диода, а также подаваемого электрического поля и выбора напряжения работы датчика. Определение с помощью активационно-дрейфовой модели параметров дефектов, влияющие на вольтамперные характеристики сенсора – диода.

Выявление природы дефектов создающие глубокие энергетические центры в этих датчиках. Выяснение путей повышения срока службы, стабильности и надёжности полупроводниковых диодов применяемых в качестве сенсоров сельхоз техники. Выработать рекомендации по использованию материала для сенсоров.

Необходимо учитывать при совершенствовании технологии средств контроля сенсоров и управляющих компонентов сельхозтехники электрички активные дефекты, как при входном контроле параметров сенсора-датчика, так и влияния режимов в процессе эксплуатации в зависимости от его температуры.

Результаты экспериментальных исследований

В данной работе предлагается исследование и применение новых полупроводниковых материалов в зависимости от содержания в них дефектов и их влияние на параметры диодов. В настоящее время актуально с целью повышения надёжности и стабильности диодов, из которых состоят сенсоры применения полупроводникового материала с изовалентным легированием. Начнём рассматривать его температурные зависимости вольтамперных характеристик этих диодов. Одновременно будем проводить исследование дефектов с глубокими энергетическими центрами, находящимися в полупроводниковых структурах с изовалентным легированием независимыми методами. Исследование температурной зависимости вольтамперных характеристик структур с изовалентным легированием

С целью подтверждения достоверности информации о параметрах глубоких энергетических центров (ГЦ), полученных DLTS спектроскопией, проводились исследования независимым методом. Измеряли температурную зависимость вольтамперных характеристик. Вольтамперные характеристики (ВАХ) при температуре исследуемого объекта 300К для образцов представлены на рисунке 1, откуда видно, что с ростом концентрации ГЦ HL7, HL8, HL4 возрастает ток утечки, снижается напряжение пробоя и изменяется прямая ветвь ВАХ.

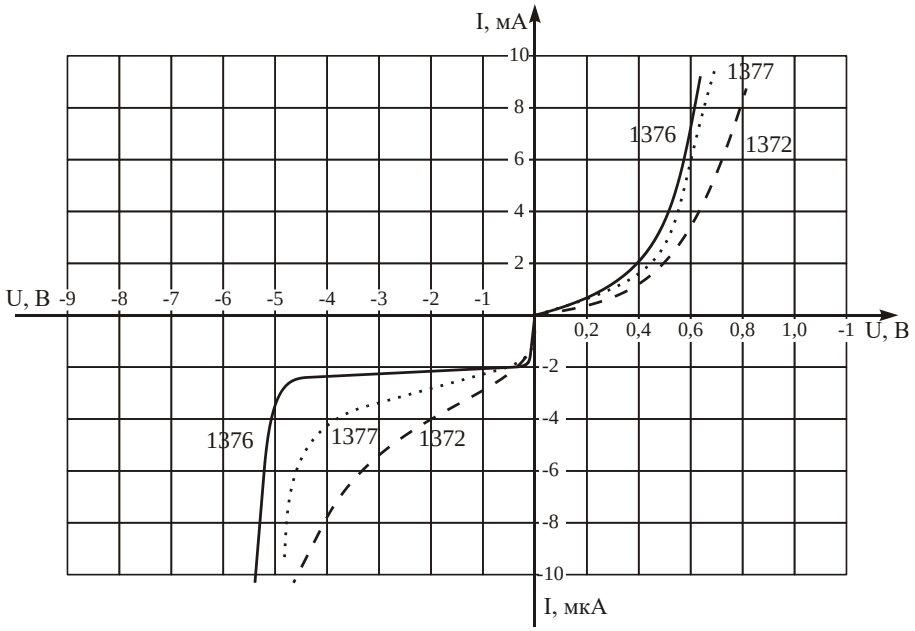


Рис. 1. Вольтамперные характеристики структур с изовалентным легированием при температуре Т=300 К

Из литературы [16,9,12,9] известно, что реальная характеристика ВАХ диода в прямом направлении, представленная в логарифмическом масштабе, состоит из нескольких участков. Анализируя представленную таким обра-

зом прямую ветвь ВАХ диода, можно исследовать механизм токопрохождения через этот диод; а именно, выявить участки, на которых преобладает тот или иной механизм токопрохождения. На рис.2 показана прямая ветвь ВАХ образца 1736, измеренная в широком диапазоне токов и представленная в полулогарифмическом масштабе.

Теоретическая характеристика- модель ВАХ вычислялась по формуле:

$$I = I_S\left(e^{\frac{eV}{kT}} - 1\right), \qquad (1)$$

где I_S – ток насыщения p-n-перехода, который в свою очередь равен: $I_S = \frac{qD_p p_{n_0}}{L_p} + \frac{qD_n n_{p_0}}{L_n}$, V- Напряжение прямого смещения диода; D_p, D_n – коэффициенты диффузии дырок и электронов; L_p, L_n – их диффузионные длины. Реальная характеристика ВАХ представлена на рис. 2 кривой II. Сопоставление кривых I и II показывает, что упрощенная теоретическая модель вида (1) не учитывает механизмов токопрохождения, присутствующих в конкретном случае.

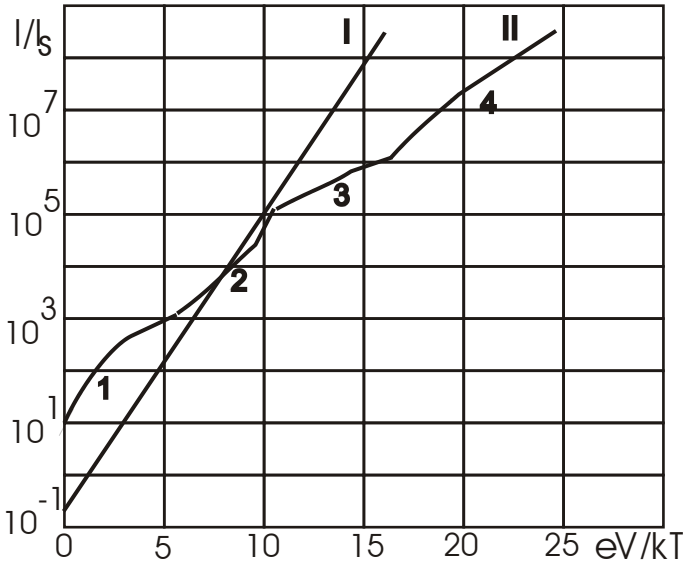


Рис. 2. ВАХ образца 1736 (Т300): I – теоретическая, II – реальная

На участке 1 (малые напряжения смещения ≤ 6 мВ) кривой II механизм токопрохождения определяется генерационно-рекомбинационными процессами. На участке 2 преобладает диффузионный ток. На участке 3 наблюдается достаточно сильное отклонение от теоретической зависимости, здесь режим высокого уровня инжекции. Участок 4 определяет последовательное сопротивление, здесь p-n-переход полностью открыт, его сопротивление очень мало и сопротивление диода определяется сопротивлением самой базы диода.

Таким образом, для достижения наибольшей чувствительности к параметрам ГЦ, следует работать при малых смещениях, в пределах участка 1 кривой II. К тому же генерационно-рекомбинационная составляющая чувствительна к наличию ГЦ, которые, как известно, в значительной степени определяют указанные процессы.

При малых смещениях генерационно-рекомбинационный ток определяется следующим образом [12, 9]:

$$I = \frac{en_i kTAW}{\left(\tau_{\Delta_0}\tau_{\acute{K}_0}\right)^{1/2}\left(V_b - V\right)}\left(1+\frac{eV_k}{2kT}-\frac{eV}{2kT}\right)\exp\left(-\frac{eV_k}{2kT}\right)\exp\left(\frac{eV}{2kT}\right), \qquad (2)$$

где W – глубина ОПЗ, V_k – напряжение “излома” на характеристики ВАХ:

$$V_k = \left(2\left(E_t - E_i\right)/e + kT\middle/e\ln\left(\tau_{p_0}/\tau_{n_0}\right)\right)\left(+\left(2kT/e\right)\ln\tfrac{1}{2}\right.$$

При $V>V_k$ преобладает рекомбинационный ток (участок 1 кривой II).

Методика эксперимента выглядела следующим образом (Рисунок 3). Образец помещали в криостат, охлаждали его до температуры 77К и прикладывали напряжение, соответствующее области малых смещений, в нашем случае 0,06В (для всех образцов). Ток на образце измеряли микроамперметром. Температура образца контролировалась термопарой. Затем медленно нагревали образец со скоростью 0,02К/с и фиксировали зависимость тока от температуры образца с помощью двухкоординатного графопостроителя.

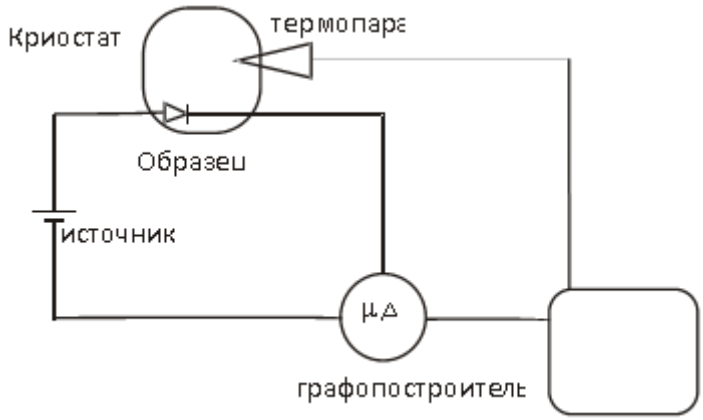


Рис. 3. Схема установки

Полученные таким образом зависимости для всех трех образцов представлены на рис .4. Видно, что для каждого образца кривая зависимости генерационно-рекомбинационного тока от температуры содержит три участка с разным наклоном. На первом участке энергия активации составляет 0,41эВ; для второго – 0,45эВ, на третьем 0,57эВ. Указанные результаты совпадают с данными DLTS спектроскопии по энергии активации ГЦ, наблю-

даемых в этих образцах. Таким образом, установлено, что дефекты, наблюдаемые при DLTS спектроскопии, определяют электрофизические характеристики структур с изовалентным легированием. Рост концентрации ГЦ приводит к росту тока утечки структур, что видно из рисунков 2 и рисунков 4.

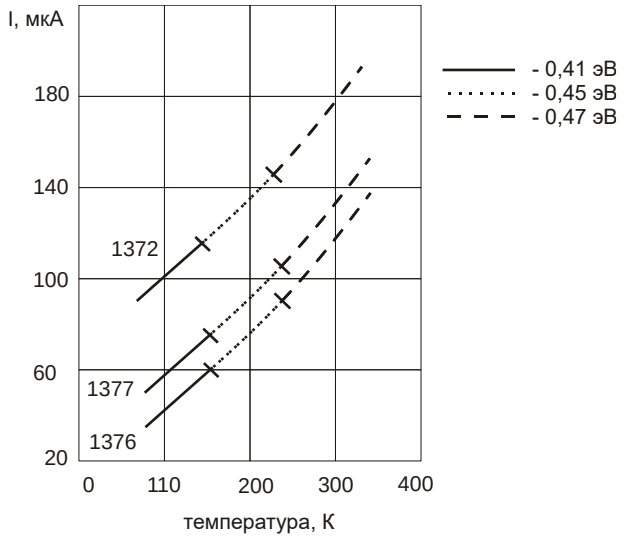


Рис. 4. Температурные зависимости рекомбинационного тока для образцов с изовалентным легированием

Кроме того, представленные результаты являются подтверждением достоверности данных по энергии активации ГУ, полученных методом DLTS спектроскопии.

Определены дефекты, влияющие на электрофизические параметры полупроводниковых сенсоров – диодов. Выяснены пути повышения стабильности и надёжности элементной полупроводниковой базы путем влияния электрически активных дефектов на параметры диодов. Даны рекомендации из температурной зависимости по эксплуатации этих датчиков. Предложен новый полупроводниковый материал по импортозамещению изготовления сенсоров сельхозтехники, повышающий стабильность и надёжность их работы.

Список литературы

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

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

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

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

5. Analysis of the data collection and processing system for assessing the actual reliability of domestic tractors exemplified by PJSC “promtractor” Vyacheslavova O., Parfenyeva I., Levina T., Klochkov A. 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. 00190.

6. Conceptual provisions of formation of the quality management system within the integrated corporate structure Salimova T.A., Biryukova L.I., Makolov V.I., Levina T.A. International Business Management. 2015. Т. 9. № 6. С. 1129-1135.

7. Analysis of methods and measuring instruments used for super alloy products (obtained by SLM-method) surface layer quality evaluation Levina T.A., Safonov E.V., Hung T.M. В сборнике: Proceedings of the 7th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2021). ICIE: International Conference on Industrial Engineering. Челябинск, 2022. С. 174-186.

8. 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.

9. 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.

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

11. Model of operation of computer measuring system Ershov D.S., Malahov A.V., Levina T.A., Khayrullin R.Z. Journal of Physics: Conference Series. 2022. Т. 2388. № 1. С. 012040.

12. The simulation of the process of operation of installations of the highest accuracy for reproduction and transmission of units of physical quantities Ershov D.S., Levina T.A., Adylina A.P., Grozovsky G.I., Parfenyeva I.E. В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. III International Conference on Metrological Support of Innovative Technologies (ICMSIT-III-2022). Krasnoyarsk, 2022. С. 82003.

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

14. Обеспечение достоверности определения параметров глубоких центров в процессе технологии интегральных микросхем Левина Т.А., Глухих Я.М., Адылина А.П., Честных А.Р. В сборнике: Фундаментальные и прикладные аспекты развития современной науки. сборник научных статей по материалам XIV Международной научно-практической конференции. Уфа, 2024. С. 21-38.

15. Схема диагностики технологического процесса изготовления биполярных интегральных микросхем Левина Т.А., Глухих Я.М., Адылина А.П., Честных А.Р. В сборнике: Научные исследования: фундаментальные и прикладные аспекты. сборник статей III Международной научно-практической конференции. Пенза, 2024. С. 10-15.

16. Разработка оборудования и методик для тестирования технологий изготовления интегральных микросхем по глубоким центра Левина Т.А., Глухих Я.М., Адылина А.П. В сборнике: Современные тенденции развития исследовательских компетенций в условиях инновационного кластера. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. УФА, 2024. С. 15-31.

17. Оборудование для диагностики технологий по глубоким центрам Левина Т.А., Глухих Я.М., Адылина А.П., Честных А.Р. В сборнике: Фундаментальная и прикладная наука: актуальные вопросы теории и практики. сборник статей VI Международной научно-практической конференции. Пенза, 2024. С. 46-56.

18. К вопросу о влиянии параметров процесса на механические свойства 3d-печати FDM: комплексный обзор Левина Т.А., Кушнир И.С., Глухих Я.М., Клочков А.Я. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2023. Т. 15. № 3. С. 123-131.

19. 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.

20. Системы менеджмента качества интегрированных корпоративных структур Салимова Т.А., Бирюкова Л.И., Маколов В.И., Левина Т.А. Стандарты и качество. 2016. № 7. С. 58-62.

21. Оценка и анализ факторов внутренней и внешней среды, влияющих на систему менеджмента качества интегрированной корпоративной структуры Клочков А.Я., Левина Т.А. Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2015. № 2. С. 177–187.

22. Conceptual provisions of formation of the quality management system within the integrated corporate structure Salimova T.A., Biryukova L.I., Makolov V.I., Levina T.A. International Business Management. 2015. Т. 9. № 6. С. 1129-1135.

23. Автоматизация основных функций систем менеджмента качества Коваленко В.В., Клочков А.Я., Левина Т.А. Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2016. № 7. С. 107-114.

Nguyen Thi Hai
Lecturer
Vietnam National University of Forestry
Vietnam, Xuan Mai Town
haint@vnuf.edu.vn
Luu Thi Thao
Lecturer
Vietnam National University of Forestry
Vietnam, Xuan Mai Town
haint@vnuf.edu.vn
Nguyen Duc Anh
Lecturer
Ho Chi Minh University of Natural Resources and Environment
Vietnam, Ho Chi Minh
nguyenducanh1989@gmail.com

STUDY OF FACTORS AFFECTING URBAN LAND PRICES IN LUONG SON DISTRICT, HOA BINH PROVINCE (STUDY IN LUONG SON TOWN)

Abstract. The study aims to identify factors affecting urban land prices in Luong Son district, Hoa Binh province through a multivariate linear regression model, as a basis for specific land valuation and land price management in the research area (research in Luong Son town). A 5-level Likert scale was used to design a questionnaire to evaluate the influence of factors on urban land prices. Research SPSS software, test the scale using Cronbach's Alpha coefficient

and EFA exploratory factor analysis model. The results of the multivariate linear regression model analysis show that 62% of the fluctuations in urban land prices can be explained by variations in 7 groups of independent variables, while the rest (38%) is explained by factors other than the model. The linear regression equation of urban land prices is: GD_{ODT} = 106,836.60 + 2,145,321.14 * VT + 989,267.43 * GT + 204,123.67 * MT. Research has shown that location is the factor that has the biggest impact on urban land prices in Luong Son district with an influence of 64.26%, traffic factor accounts for 29.63%, and environment factor accounts for 6.11%.

Keywords: Urban land price, influencing factors, linear regression model, Luong Son town.

Land is a limited resource, while the increasing demand for land use has caused land prices to always tend to increase in areas with improved transportation networks, high economic growth and population. developing rapidly [2]

In fact, there are many factors that affect land prices and the degree of influence of those factors on land prices is not the same [11]. Many authors have studied the factors affecting land prices. Research by domestic and foreign authors has also shown factors affecting land prices including main factors such as location, infrastructure, environment, in addition to individual factors such as land size, shape…[12],[14].

Luong Son is the eastern gateway district of Hoa Binh province, adjacent to the capital Hanoi and the Northwest region of the country. Luong Son district center is located on Highway 6, about 40 km from the center of Hanoi capital, about 33 km from the center of Hoa Binh city. These are favorable conditions for Luong Son district to create motivation for development. on socio-economic issues [1].

In recent years, positive changes in the economy and adjustments to planning orientations have made the region's real estate market full of potential, especially urban land areas, but factors such as prices in the market are strongly influencing market operations. This study was conducted with the aim of determining the influencing factors and the degree of influence of the factors on urban land prices in Luong Son district, as a basis for determining land prices in accordance with market prices. and contribute to enhancing the effectiveness of local land price management.

Research methods

Method of selecting research points

Luong Son district has 10 communes and 1 town, of which only Luong Son town has urban land area, so the authors chose Luong Son town to study the factors affecting residential land prices urban area and the level of influence of those factors.

Secondary data collection method

Secondary documents and data are collected from many sources, including: legal documents, sub-law documents (Circulars, Decrees) collected from relevant

policy-promulgating agencies, data about natural conditions, land management situation, land prices over the years collected from specialized agencies of the People's Committee of Luong Son district and Luong Son town; and documents, books, articles, and topics on research issues inherited from previous studies.

Primary data investigation method

The research was carried out in 2 steps:

Step 1: Consult with prepared questionnaires from 10 local managers, scientists, and real estate brokerage experts in the research area, combined with previous research to identify factors. affects urban land prices.

The survey results show that there are 28 factors affecting urban land prices and are divided into 7 groups of factors: Location factor group, economic factor group, social factor group, legal factor group , group of individual factors, group of infrastructure factors, group of environmental factors.

Step 2: To evaluate the importance of factors affecting urban land prices, the authors used the method of surveying managers, scientists, brokerage experts, and real land users. Currently transferring land use rights on 8 types of streets in the study area through the years 2021, 2022, 2023, ensuring requirements for EFA exploratory factor analysis (Exploratory Factor Analysis) and multivariate regression. According to Hair at al (1998), the minimum sample size for exploratory factor analysis is 5 times the total number of observed variables according to the formula n=5*m (m: number of independent variables); Thus, with 28 factors belonging to 7 groups that affect land prices, the total minimum number of samples needed to investigate is 140 votes. To increase the reliability of the data, the author investigated 150 votes. 5-level Likert scale to evaluate the level of influence: (1) Very not influential; (2) No influence; (3) Normal; (4) Influence; (5) Very influential

Data processing and analysis methods

+ Check the scale

The reliability of the scale is tested through Cronbach's alpha coefficient and total correlation coefficient (Corrected Item – Total Correlation). Data ensures reliability when Cronbach's Alpha coefficient is in the range (0.6 – 0.95) [4] total variable correlation coefficient > 0.3 [4],[10].

+ Exploratory Factor Analysis (EFA – Exploratory Factor Analysis)

Variables only meet the requirements when the KMO coefficient is in the range [0.5 – 1] and its own loading weights on other factors are less than 0.35 (Igbaria et al., 1995). According to Hair et al (1998), if the sample size is about 50, the loading weight should be >0.75, if the sample size is about 100, the loading weight should be >0.55 and if the loading weight is >0.3, the size should be chosen. The sample must be at least 350. In this study, the loading weight was chosen to be >0.5, because the minimum sample number to investigate is 150 votes. Additionally, the scale is only acceptable when the total variance explained (Total Variance Explained) >50%; coefficient Barlett's with significance level Sig. <0.05

to ensure factors are correlated; coefficient Eigenvalue has a value ≥1to ensure that groups of factors are distinct.

+ Regression analysis

The influence of factors affecting land prices is determined according to the multivariate regression equation of the form Yi = βo + β1X1 + β2X2 + … +βnXn + Ei, (in which, Yi is the dependent variable representing price of the land plot; X1, X2... … βn are the regression coefficients; Ei is the standard error).

Results and discussion

Overview of urban land prices in Luong Son town

Implementing the 2013 Land Law and Decree 44/2014/ND-CP of the Government on land prices and residential land prices prescribed in Luong Son district is built for a 5-year period (2020 – 2024) and is issued in Decision No. 57/2019/QD-UBND dated December 30, 2019 .[7] Additional adjustments in Decision No. 48/2021/QD-UBND dated August 25, 2021. During the period 2020-2024, land prices according to regulations on all routes are shown in table 1.

Table 1

Urban land price list according to the land price list of Luong Son town

(Unit: 1,000 VND/m2)

Street type	Urban land prices			
	VT1	VT2	VT3	VT4
Class 1 street	11,000	8,300	5,600	3,000
Class 2 streets	9,900	6,000	4,400	2,450
Class 3 streets	8,800	6,300	3,750	2,200
Class 4 streets	5,500	3,300	2,200	1,450
Class 5 streets	4,400	2,650	1,800	1,250
Class 6 streets	2,200	1,320	1,000	720
Class 7 streets	2,000	1,220	970	660
Class 8 streets	1,350	880	740	440

(Source: People's Committee of Hoa Binh province, 2021)

Through table 1, it can be seen that in the period 2020-2024, land prices according to state regulations on the roads of Luong Son town have not changed, in which the prices of urban land plots have differences according to different conditions. location and type of junction. Residential land prices are always highest on class 1 roads and location 1 (along the main road, priced at 11 million VND) is a place with convenient traffic location, close to the center and amenities suitable for business purposes . Land prices are gradually decreasing at locations 2, 3, 4.

Investigation results show that the market land price has a large difference compared to the land price specified in the price list, the difference is about 6.4 –

6.8 times. In particular, the highest price at location 1, class 1 street (section from Tran Phu street through town, from km 40 + 560 to km 41 + 680) ranges from 70,000,000 VND/m^2 – 75,000,000 VND/m^2. With actual transactions on the market, during the investigation process in the area, people transfer land plots, the land price is determined according to the highest position and according to the agreement of the transferor and transferee.

The lowest land price is on type 8 streets (on the remaining roads in Mong hamlet and Dong Bai hamlet), actual transaction prices range from 2,000,000 VND/m^2 – 3,000,000 VND/m^2. The difference is about 1.5 times – 2.2 times.

Identify some factors affecting urban land prices in Luong Son district.

Factors affecting urban land prices in Luong Son district.

Through the results of surveys and consultations with officials, civil servants, scientists and real estate brokerage experts combined with previous research, 28 factors belonging to 7 influential groups have been identified. large to urban land prices in Luong Son district (Table 2).

Table 2

Factors affecting urban land prices in Luong Son district

No	Factor/element group
1	*2*
I	Location factor group (VT)
1	Distance to district and town center (People's Committee) (VT1)
2	Distance to school (VT2)
3	Distance to hospital (VT3)
4	Distance to market (VT4)
5	Distance to landfill (VT5)
6	Contiguous line distance (VT6)
II	Economic factors group (KT)
7	Economic growth rate in the region (KT1)
8	Income of residents (KT2)
9	Income from the land plot (KT3)
10	Bank interest rate (KT4)
III	Social factors group (XH)
11	Population growth rate (XH1)
12	Population density (XH2)
13	Average income per capita (XH3)
14	Intellectual level (XH4)
15	Social security (XH5)
IV	Legal factors group (PL)
16	Legal status of the land plot (PL1)

End of the Table 2

1	*2*
17	Restrictions on land use rights (PL2)
18	Planning restrictions (PL3)
V	Individual factor group (CB)
19	Shape (CB1)
20	Area (CB2)
21	Facade width (CB3)
22	Plot depth (CB4)
VI	Infrastructure element group (HT)
23	Transportation system (HT1)
24	Contiguous street type (HT2)
25	Road density (HT3)
VII	Environmental factors group (MT)
26	Water environment (MT1)
27	Air environment (MT2)
28	Noise environment (MT3)

Analyze the reliability of survey data

The purpose of analyzing the reliability coefficient of the scale is through Cronbach's Alpha coefficient and total variable correlation coefficient to eliminate inappropriate variables (Table 3). Many studies have shown that Alpha coefficient greater than 0.8 is a good measurement scale; From 0.7 to 0.8 is usable; 0.6 or higher can be used in cases where the research concept is new or new in the research context [5, 6] .The test results in Table 3 show that the groups of economic factors, groups of social factors, groups of legal factors, and groups of individual factors have group Cronbach's Alpha coefficients and Cronbach's Alpha coefficients of each observed variable less than 0.6, so these measurement variables are not appropriate and should be eliminated.

Table 3

Results of reliability analysis of the first scale

No	Factor/element group	Sign	Total variable correlation	Cronbach's Alpha coefficient
I	Location factor group	VT		0.728
1	Distance to district and town center (People's Committee)	VT1	0.597	0.653
2	Distance to school	VT2	0.542	0.668
3	Distance to hospital	VT3	0.623	0.647
4	Distance to market	VT4	0.580	0.659
5	Distance to landfill	VT5	0.323	0.727
6	Contiguous line distance	VT6	0.351	0.780

End of the Table 3

II	Economic factors group	KT		0.474
7	Economic growth rate in the region (KT1)	KT1	0.242	0.434
8	Income of residents (KT2)	KT2	0.430	0.225
9	Income from the land plot (KT3)	KT3	0.311	0.364
10	Bank interest rate (KT4)	KT4	0.134	0.535
III	Social factors group	XH		0.587
11	Population growth rate	XH1	0.207	0.594
12	Population density	XH2	0.479	0.446
13	Per capita income	XH3	0.269	0.574
14	Intellectual level	XH4	0.322	0.545
15	Social security	XH5	0.454	0.474
IV	Group of legal factors	PL		0.539
16	Legal status of the land plot	PL1	0.492	0.287
17	Restrictions on land use rights	PL2	0.297	0.522
18	Planning restrictions	PL3	0.358	0.528
V	Group of individual factors	CB		0.419
19	Shape	CB1	0.284	0.306
20	Acreage	CB2	0.234	0.352
21	Front width	CB3	0.138	0.440
22	Depth of land plot	CB4	0.285	0.293
VI	Infrastructure element group	HT		0.477
23	Traffic system	HT1	0.124	0.629
24	Contiguous street type	HT2	0.424	0.137
25	Road density	HT3	0.369	0.241
VII	Environmental factors group	MT		0.637
26	Water environment (MT1)	MT1	0.412	0.586
27	Air environment (MT2)	MT2	0.255	0.528
28	Noise environment (MT3)	MT3	0.177	0.495

With the group of infrastructure factors, the group's Cronbach's Alpha coefficient is less than 0.6, however in this group the value of Cronbach's Alpha if Item Deleted of the traffic system variable is 0.629, larger than the Cronbach's Alpha of the group, and the correlation of the total variable Corrected Item-Total Correlation of the traffic system variable is 0.124, which is less than 0.3, so it is eliminated. Remove this variable and retest the scale's reliability with the infrastructure team.

Environmental factors group exists the group Cronbach's Alpha coefficient is greater than 0.6, however the total correlation coefficient of the observed variables of air environment (MT2) and noise environment (MT3) is less than 0.3, which does not meet the reliability requirements, so this type of observed variables.

Then, the results of scale reliability analysis (table 4) are factors that qualify for further testing.

Table 4

The retained factors ensure reliability after testing

No	Factor/element group	Sign	Total variable correlation
I	Location factor group(Cronbach's Alpha = 0.728)	VT	
1	Distance to district and town center (People's Committee)	VT1	0.597
2	Distance to school	VT2	0.542
3	Distance to hospital	VT3	0.623
4	Distance to market	VT4	0.580
5	Distance to landfill	VT5	0.323
6	Contiguous line distance	VT6	0.351
II	Infrastructure element group(Cronbach's Alpha = 0.630)	HT	
7	Contiguous street type	HT2	0.424
8	Road density	HT3	0.369
III	Environmental factors group(Cronbach's Alpha = 0.637)	MT	
9	Water environment (MT1)	MT1	0.412

EFA analysis

- *KMO coefficient and Bartlett's Test:*

The data in table 5 shows that the KMO coefficient satisfies the condition of $0.5 < KMO < 1$, which is suitable for factor analysis; Barlett's test is statistically significant with sig value Barlett's Test < 0.05, proving that the observed variables are linearly correlated with the representative factor.

Table 5

Results of KMO and Bartlett's Test

Coefficient		Value
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0.712
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	417.107
	df	36
	Sig.	0.000

- *Eigenvalue and total explained variance:*

Eigenvalue is used to determine the number of factors in EFA analysis. The results of evaluating the level of explanation of the survey variables in the model with the factor are satisfactory because the value of the total variance explained (table 5), reaching 67.259% (≥ 50%), shows that the EFA model is appropriate, this shows that 67.259% of the changes in the resulting factor are due to the factors

(observed variables) given in the model, meaning that the variables surveyed in this study explained 67.259% of the changes variation of urban land prices in Luong Son district. The results of running the model are shown in Table 6.

Table 6

Eigenvalue and total variance explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3.168	35.203	35.203	3.168	35.203	35.203	2.634	29.270	29.270
2	1.684	18.712	53.915	1.684	18.712	53.915	1.728	19.203	48.473
3	1.201	13.344	67.259	1.201	13.344	67.259	1.691	18.787	67.259
4	0.827	9.193	76.452						
5	0.613	6.815	83.267						
6	0.532	5.913	89.180						
7	0.404	4.486	93.665						
8	0.304	3.379	97.044						
9	0.266	2.956	100.000						

- *Factor loading coefficient:*

The rotation matrix determining the loading weights shows that from 7 groups of factors with 28 survey variables are arranged into 3 groups without the original order (table 7). The loading factors of the variables all have a value >0. According to Hair et al (1998), factor loading >0.3 is considered minimal, factor loading >0.4 is considered important, factor loading >0.5 is considered significant. Practice. So it's possibleConfirming that each factor in each factor group has a correlation with that factor and has practical significance, the final result is to extract 3 factors, specifically as follows:

Factor 1 includes 4 observed variables: VT1 (distance to district center), VT2 (distance to school), VT3 (distance to hospital), VT4 (distance to market). These variables are all related to the location of the land plot, so we can name factor 1 as the location factor.

Factor 2 includes 3 observed variables: HT2 (Type of adjacent road), VT6 (distance to adjacent road), HT3 (road density), these variables are related to traffic of the land plot so it can be placed this factor is traffic.

Factor 3 includes 2 observed variables: VT5 (distance to landfill), MT1 (Water environment). Both of these variables are related to the environment, we can name this factor as environmental factor.

Table 7

Rotated Component Matrix

Variable	Component		
	1	2	3
VT3	0.869		
VT4	0.793		
VT2	0.792		
VT1	0.742		
VT5		0.904	
MT1		0.858	
HT2			0.822
HT3			0.805
VT6			0.549

Thus, the EFA exploratory factor analysis confirms that 3 groups of factors: Location, traffic and environment are included in the regression analysis.

Analyze regression and evaluate the influence of factors on residential land pricesurban area in Luong Son district

After conducting the testing and factor analysis steps, eligible factors are included in regression analysis to determine the linear regression equation between land price and influencing factors, as well as determine determine the influence of those factors on land prices.

The regression analysis results in Table 8 show that the coefficient Sig. = 0.00 is smaller than the significance level $\alpha = 0.05\%$, so the regression model is meaningful and the independent variables have an influence on the dependent variable. The coefficient $R^2 = 0.628$ shows that 62.8% of the variation in the dependent variable is explained by the independent variables. The R^2 value ranges from 0 to 1. According to Rudolf et al (2006), the closer R^2 is to 1, the more suitable the built model is for the data set used to run regression; R^2 the closer it is to 0, the less suitable the built model is for the data set used to run the regression. Typically, the threshold of R^2 must reach a value greater than 50% which is ideal for a study, however in some cases the value $R^2 < 0.5$ is still accepted. In addition to the coefficient R^2, then coefficient R^2 calibration is also used to evaluate the goodness of fit of the model and this coefficient is more commonly used because this value reflectsmore closely, the level of fit of the multivariate linear regression model. Research results show that the adjusted R^2 value is smaller than the R^2 value, so it is safer to use it to evaluate the suitability of the model. Thus, with adjusted R^2 value = 0.620, the independent variables explain 62% of the variation of the dependent variable, the rest is explained by variables outside the model and random errors.

Table 8

Results of linear regression analysis

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics		Influence level %	Order of influence
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF		
1	(Constant)	106,836.60	53,120.62		2.011	0.000				
	VT	2,065,280.12	53,298.58	2,145,321.14	38.749	0.000	1.00	1.00	64.26	1
	MT	105,663.36	53,298.58	204,123.67	1.982	0.001	1.00	1.00	6.11	3
	GT	941,940.10	53,298.58	989,267.43	17.673	0.007	1.00	1.00	29.63	2
Sig.F = 0.000										
R Square = 0.628										
Adjusted R Square = 0.620										
Durbin-Watson = 1.81										

The VIF coefficient (variance magnification factor) is all less than 10, meaning the independent variables are not correlated with each other and the regression model does not have multicollinearity of the independent variables. Coefficient valueDurbin – Watson (d) is a test value used to detect the presence of autocorrelation in regression analysis. Value of $1 < d = 1.81 < 3$. Therefore, the regression model does not have autocorrelation. The regression results also show that all three independent variables are statistically significant at the 95% confidence level (Sig = 0.000 < 0.05).

Based on the obtained regression coefficient β, the price of residential land in urban areas of Luong Son district is determined according to the formula:

GD_{ODT} =106,836.60 +2,145,321.14 * VT + 989,267.43 * GT + 204,123.67 * MT

The results of the regression coefficient β show that when the location increases by 1 unit, the price of residential land in urban areas of the district will increase by 2,145,321.14 VND/m^2 and vice versa, when the traffic factor increases by 1 unit, the price of residential land in urban areas of the district will increase by 989,267.43 VND/m^2 and vice versa, when the environmental factor increases by 1 unit, the price of residential land in urban areas of the district will increase by 204,123.67 VND/m^2 and opposite.

The results of regression analysis also show that location is the factor that has the greatest influence on urban land prices in Luong Son district with an influence of 64.26%, followed by the traffic factor accounting for 29.63%, and environmental factors account for 6.11%. A plot of land with a convenient location, near the district center, near the hospital, school, near the market, convenient for

doing business, taking children to school, and convenient for health care will always be of interest. central and has a higher price than other plots of land with less advantage in location.

Therefore, to improve the efficiency of land management, when valuing land in Luong Son district, it is necessary to consider more closely the factors of the location group to set a land price consistent with the assigned price translation on the market.

References

1. Luong Son District People's Committee (2021). Explanatory report on Luong Son district land use planning until 2030.

2. Phan Thi Thanh Huyen et al (2021). Research some factors affecting residential land prices in Luong Tai district, Bac Ninh province.Journal of Forestry Science and Technology No. 1-2021. Pages 171-178

3. Rudolf J. Freund, William J.Wilson and Ping Sa (2006). Regression Analysis -Statistical Modeling of a Response Variable (2th ed). Elsevier Academic Press

4. Hair Jr. JF, Anderson RE, Tatham RL And Black WC (1998). Multivariate Data Analysis (5th ed.). New York: Macmillan Publishing Company.

5. Nunnally JC (1978). Psychometric theory. New York: McGraw Hill

6. Peterson, R.A. (1994). A Meta-Analysis of Cronbach's Coefficient Alpha. Journal of Consumer Research, 21, 381-391.

7. People's Committee of Hoa Binh province (2019). Decision No. 57/2019/QD-UBND dated December 30, 2019.Promulgate regulations on price list for land types in 2020 – 2024 in Hoa Binh province

8. People's Committee of Hoa Binh province (2021). Decision No. 48/2021/QD-UBND dated August 25, 2021.Adjusting and supplementing the Regulations on price list of land types in 2020-2024 in Hoa Binh province

9. Igbaria, M., Livari, J and Maragahh, H. (1995). Why do individuals use computer technology? A finished case study. Information and Management, Vol. 29, pp. 227-238.

10. Nunnally, J.C., and Bernstein, I.H. (1994). Psychometric theory (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.

11. Ho Thi Lam Tra et al (2020). Research on residential land prices and factors affecting residential land prices in Chi Linh city, Hai Duong province.Vietnam Agricultural Science Magazine 2020, 18(1): 40-51

12. Topcu Mehmet & Ayse Sema Kubat (2009). The Analysis of Urban Features that Affect Land Values in Residential Areas, Proceedings of the 7th International Space Syntax Symposium, Stockholm.

13. Likert RA (1932). A technique for measuring an attitude, Archives of Psychology. 140(55).

14. Nguyen Thi Yen and Hoang Van Hung (2012). Research on some factors affecting residential land prices in Bac Ninh city, Bac Ninh province in 2011. Science & Technology Magazine. 98(10): 69-74.

Nguyen Thi Hai
Lecturer
Vietnam National University of Forestry
Vietnam, Xuan Mai Town
haint@vnuf.edu.vn
Pham Thanh Que
Lecturer
Vietnam National University of Forestry
Vietnam, Xuan Mai Town
haint@vnuf.edu.vn
Nguyen Duc Anh
Lecturer
Ho Chi Minh University of Natural Resources and Environment
Vietnam, Ho Chi Minh
nguyenducanh1989@gmail.com
Nguyen Thi Kim Oanh
Lecturer
Vietnam National University of Forestry
Vietnam, Xuan Mai Town
haint@vnuf.edu.vn

EVALUATION OF LAND USE RIGHTS AUCTION WORK IN MOC CHAU DISTRICT, SON LA PROVINCE

Abstract. The study aims to evaluate the results of land use rights auctions of some projects in Moc Chau district, by using the following methods: selecting research points, collecting secondary data, investigate primary data by interviewing 97 questionnaires (30 questionnaires for managers and 67 questionnaires for auction winners) at 3 projects in the research area. Compiling data analysis, research results show that in the period 2018-2022 Moc Chau district auctioned 31 land plots, with 724 plots of land, total area of 99,185.3m², amount of money used. Land through auction earned 539.32 billion VND. The auction work is organized strictly and professionally, on the principles of openness, transparency, and protection of the rights of all parties. The auctions follow the correct regulations and order, with a high evaluation rate, determining the starting price close to the market price, with good evaluation prices, work before, during and after the auction is carried out. according to the law. However, there are still some limitations in the implementation process, so it is necessary to review the planning and choose an auction form more suitable for each project.

Keywords: land use rights, projects, auctions, Moc Chau district.

Introduction

Auction of land use rights in land allocation and land lease activities is a special land distribution method of the State. Unlike land allocation or land lease in the usual way, subjects who need to use land must participate in a public auction with other organizations and individuals and the highest bidder will be the subject that wins. receive land use rights (Duong Thi Thu Ha, 2018).

Land use rights auctions have shown superiority over other forms of land allocation such as: land auctions ensure openness and clarity; ensure that all indi-

viduals and organizations with land use needs and financial capacity can participate in land auctions; Helps stabilize the real estate market, bringing large revenue to the State budget and improving people's lives (Nguyen Thu Thuy, 2020)

Moc Chau is a mountainous district located in the Northwest region to the Southeast of Son La province, in recent years, especially since 2014 when Moc Chau district was approved by the Prime Minister as the master plan for regional development. national tourism of Moc Chau district, Son La province to 2020, vision to 2030. The socio-economic situation of Moc Chau district has developed strongly, especially the rapid urbanization process has increased demand. Demand for residential land, commercial and service land use (Moc Chau district People's Committee, 2021). The work of exploiting and creating land funds and organizing auctions of residential land use rights creates a large source of revenue for the district budget, and is an important resource along with the provincial and central budgets for investing in the construction of technical and cultural infrastructure. contributes to promoting socio-economic development, ensuring national defense and security of the district. Land use rights auction projects have achieved certain results. The evaluation of land use rights auction work in Moc Chau district in the period of 2018 – 2022 aims to propose some solutions to strengthen the right auction work. Land use in the district in the near future is necessary.

Research methodology

Method of selecting research points

The project selected 03 projects with the largest difference in the number of plots and auction area in the area Moc Chau district to evaluate the auction of land use rights in the period 2018-2022:

- Project 1: Land plot on one side of the road from National Highway 6 connecting to Thao Nguyen High School, Moc Chau Farm town, total number of auction lots is 36 lots, 20 lots were successfully auctioned. This project represents projects belonging to the urban land group.

- Project 2: New Administrative Center Area 14, Moc Chau town, implemented in 2020, total number of auctioned land lots is 51 lots, 33 lots were successfully auctioned. This project represents projects belonging to the urban land group

- Project 3: Residential area on Decree 10 street, Ang village, Dong Sang commune, Moc Chau district, total number of auctioned lots 14 lots, 14 lots successfully auctioned. This is a representative project belonging to a group of communes.

Data collection methods

- Collect secondary data: Selectively inherit documents, reports, and scientific articles published in specialized journals related to the auction of land use

rights and related documents published by the locality. direction. Supplement documents related to land auction projects, legal basis, implementation organization, and auction results.

- Investigate primary data: Conduct an investigation of 30 officials and civil servants representing functional Departments related to the auction of land use rights and all land use rights auction winners in research projects (Project 1 interviewed 20 auction winners, project 2 interviewed 33 auction winners; project 3 interviewed 14 auction winners The total number of auction winners in 3 projects was 67 votes. Information is collected through a pre-designed survey form.

Data analysis and processing methods

- From the collected and investigated data of the projects, synthesize and analyze according to statistical methods, using Excel spreadsheet tool. The results are shown in tables and diagrams to see the results of the auction of land use rights in the locality.Compare results over the years and results of each project to see the advantages and disadvantages of each project.

Results and discussion

Overview of the research area

Moc Chau is a mountainous district located in the Northwest to the Southeast of Son La province, with a natural area of 107,209.47 hectares. Moc Chau is located on the vital traffic route of the Northwest region – National Highway 6, the district center is about 115 km southeast of Son La city, 195 km northwest of Hanoi capital, with a border line. Vietnam – Laos is about 39,876 km long. The whole district has 15 administrative units including: 02 towns (Moc Chau town and Moc Chau Farm town) and 13 communes (Moc Chau district People's Committee, 2021).The work of exploiting and creating land funds and organizing auctions of residential land use rights creates a large source of revenue for the district budget, and is an important resource to promote the socio-economic development of the district. The auction of land use rights is conducted publicly and equally, protecting the legitimate rights and interests of participating parties.

Results of land use rights auction in Moc Chau district in the period 2018-2022

In the period 2018 – 2022, in Moc Chau district, 31 land plots were auctioned, with 724 plots of land, total area of 99,185.3m², the amount of land use collected through auction was 539.32 billion VND,higher than the starting price of 64,805 billion VND. Detailed results are shown in table 1.

Table 1

Summary of auction results for land use rights in Moc Chau district

No	Year	Number of land plots	Auction land area (m^2)	Winning amount (billion VND)
	Total:	724	99,185.3	539.32
I	2018	299	32,921	156.856
II	2019	178	28,477.6	125.272
III	2020	65	6,965.6	35.291
IV	2021	156	27,745.9	164.261
V	2022	26	3,075.2	57.642

(People's Committee of Moc Chau district, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022)

According to statistical results, it can be seen that the auction area in different years, 2018 had the largest land use rights auction area with 32,921 m^2 corresponding to 299 plots of land with a starting price of 145.837 billion VND, the amount Winning auction was 156.856 billion VND, higher than the starting price of 11,020 billion VND. Although 2021 has a smaller auction area than 2018 and 2019, it will bring in the highest auction winning amount with 164.261 billion VND, higher than the starting price of 34,058 billion VND. 2022 is the year of the fewest auctions with only 26 plots of land, the auction winning amount is 57.642 billion VND, higher than the starting price of 2.546 billion VND.

Research results show that identifying land areas for auction is very important. Most of the land areas put up for auction have well-built infrastructure, convenient traffic locations... and determine a suitable starting price.

Evaluate the auction of land use rights in research projects

Project land on one side of the road from National Highway 6 connecting to Thao Nguyen High School, sub-area 70, Moc Chau Farm town

Land project on one side of the road from National Highway 6 connecting to Thao Nguyen High School, Moc Chau Farm town, has 36 plots of land with an area of 5,486.27 m^2, total starting price is 50.431 billion VND.

When submitting an application to participate in the auction, auction participants must pay a deposit to participate in the auction. The deposit paid by the auction winner is converted into a deposit to ensure the fulfillment of the obligation to pay the auction winnings after approval by the competent authority. Starting prices for auction of land use rights of land plots (lots), including: Lots No. 6,7,9,10; from lot number 14 to lot number 17;19; from lot number 22 to lot number 44; From lot number 46 to lot number 52: 9,480,000 VND/m^2, only lot number 21 is 9,859,200 VND/m^2. The winning price is the highest valid bid on 1 square meter of land announced by the auctioneer, confirmed by Moc Chau District Land Fund Development Center and approved by the competent authority. The winning auction results are shown specifically in table 2.

Table 2

Auction results of the Land plot project on one side of the road from National Highway 6 connecting to Thao Nguyen High School

No	Lot number selected	Area (m^2)	Estimated amount collected (million VND/plot)	Auction winning amount (million VND/plot)	Difference (million VND/plot)
1	Lot number 21	166.47	1,641	1,653	12
2	Lot number 09	140	1,327	1,367	40
3	Lot number 14	140	1,327	1,337	10
4	Lot number 15	140	1,327	1,337	10
5	Lot number 16	140	1,327	1,337	10
6	Lot number 19	160	1,517	1,518	1
8	Lot number 22	140	1,327	1,337	10
9	Lot number 23	140	1,327	1,328	1
10	Lot number 24	140	1,327	1,328	1
11	Lot number 25	140	1,327	1,328	1
12	Lot number 26	140	1,327	1,328	1
13	Lot number 27	140	1,327	1,328	1
14	Lot number 28	140	1,327	1,328	1
15	Lot number 29	140	1,327	1,328	1
16	Lot number 30	140	1,327	1,328	1
17	Lot number 31	140	1,327	1,328	1
18	Lot number 32	140	1,327	1,328	1
19	Lot number 46	140	1,327	1,328	1
20	Lot number 47	140	1,327	1,328	1
21	Lot number 48	160	1,517	1,518	1
total		**2,866.47**	**27,237**	**27,338**	**101**

(Source: Moc Chau District People's Committee, 2019)

The project's auction results had a not too big difference, in which lot number 21 received the highest bid compared to the winning auction price of 1,653 million VND, a difference of 12 million VND compared to the starting price because this land plot has a large area. The largest area in the entire area and the most favorable location among the land lots up for auction, the corner lot is at the commercial location between 02 roads. Lot number 09 was also highly priced and had the largest difference with the winning auction price of 1,367 million VND, with a difference of 40 million VND compared to the starting price due to its convenient location, adjacent to a corner lot, and flat land position. flat and open, opposite is a green meadow. The remaining land plots are mostly different from the starting price of 1 million VND/plot.

Land use rights auction project in the new administrative center of Moc Chau district

The land use rights auction project in the new administrative center of Moc Chau district has 51 plots, total auction area is 7,282.4 m^2, total starting price is 23,785 billion VND**.** When registering to participate in the auction, individuals and organizations must pay an auction application fee of: 500,000 VND/1 file for a land plot valued at 500,000,000 VND or more and 200,000 VND/1 file. for land plots valued under 500,000,000 VND. Detailed results are shown in table 3.

Table 3

Auction results of the new administrative center land project

No	Lot number selected	Area (m^2)	Estimated amount collected (million VND/plot)	Auction winning amount (million VND/plot)	Difference (million VND/plot)
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
1	Plot number 10 – ODL 01	138.1	425	425	0
2	Plot number 02 – ODL07	158.8	638	641	3
3	Plot number 03 – ODL07	140.8	473	475	2
4	Plot number 01 -ODL 08	177.1	712	807	95
5	Plot number 07 – ODL 08	138.3	425	427	2
6	Plot number 08 – ODL 08	138.3	425	426	1
7	Plot number 09 – ODL 08	138.4	426	427	1
8	Plot number 01 – ODL 09	156.3	628	769	141
9	Plot number 02 – ODL 09	164.5	629	697	68
10	Plot number 03 – ODL 09	141.6	435	480	45
11	Plot number 07 – ODL 09	141.6	435	436	1
12	Plot number 08 – ODL 09	141.6	435	450	15
13	Plot number 09 – ODL 09	141.6	435	479	44
14	Plot number 11 – ODL 09	135.3	455	466	11
15	Plot number 12 – ODL 09	135.3	455	566	111
16	Plot number 01 -ODL10	180.6	691	815	124
17	Plot number 02 -ODL10	166.4	669	782	113
18	Plot number 03 -ODL10	135.3	455	500	45
19	Plot number 04 -ODL10	135.3	455	459	4
20	Plot number 05 -ODL10	135.3	455	472	17
21	Plot number 06 -ODL10	135.3	455	455	0
22	Plot number 07 -ODL10	135.3	455	559	104
23	Plot number 09 -ODL10	135.3	455	523	68
24	Plot number 10 -ODL10	145	446	539	93
25	Plot number 11 -ODL10	145.8	448	482	34
26	Plot number 12 -ODL10	146.4	450	496	46
27	Plot number 16 -ODL10	149.1	458	523	65

End of the table 3

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
28	Plot number 04 – ODL 17	162	544	614	70
29	Plot number 05 -ODL 17	135.3	455	513	58
30	Plot number 09 – ODL 17	135.3	455	457	2
31	Plot number 12 – ODL 17	139.3	428	511	83
32	Plot number 14 – ODL 17	140.6	432	502	70
33	Plot number 06 – ODL 18	141.6	435	480	45
Total	**33 plots**	**4,786.80**	**16,072.00**	**17,653.00**	**1,581.00**

(Source: Moc Chau District People's Committee, 2020)

This is a very successful project of Moc Chau district in 2020, 33 plots of land auctioned were all successfully auctioned with a total auction area of 4,786.8 m^2, the proceeds were 17,653 million. The difference in winning auction prices for land lots is different depending on the location, area, or corner lot. Of which, land plot number 1 – ODL 09 received the highest bid with the winning price of 769,000,000 VND, with a difference of 141,000,000 VND compared to the starting price because this land plot has the largest area in the entire auction area and has the most favorable location among the land plots up for auction.

Land use rights auction project for residential land on Decree 10 Street, Ang 3 village, Dong Sang commune, Moc Chau district

Land use rights auction project at Decree 10 Street Residential Area, has 14 plots, total auction area is 2,088 m^2. Auction by indirect voting. According to the Up Bid Method. Auction for each registered plot of land, the price paid is based on the unit price of 01 m^2 of land. Results of the auction of land use rights at Decree 10 Street residential land area, specifically shown in table 4.

Table 4

Results of auction of land use rights at Decree 10 Street residential land area

No	Lot number selected	Area (m^2)	Estimated amount collected (million VND/lot)	Auction winning amount (million VND/lot)	Difference (million VND/lot)
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
1	Plot number 01	142.0	1,527	1,579	52
2	Plot number 02	150.0	1,529	1,665	136
3	Plot number 03	150.0	1,529	1,643	114
4	Plot number 04	150.0	1,529	1,577	48
5	Plot number 05	150.0	1,529	1,577	48
6	Plot number 06	150.0	1,529	1,579	50
7	Plot number 07	150.0	1,529	1,673	144
8	Plot number 08	150.0	1,529	1,653	124

End of the table 4

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
9	Plot number 09	150.0	1,529	1,725	196
10	Plot number 10	150.0	1,529	1,650	121
11	Plot number 11	150.0	1,529	1,708	179
12	Plot number 12	150.0	1,529	1,695	166
13	Plot number 13	150.0	1,529	1,695	166
14	Plot number 14	146.0	1,570	2,048	478
total		**2,088.0**	**21,443**	**23,466**	**2,022**

(Source: Moc Chau District People's Committee, 2021)

The land plots in this project all have the same area, so the starting price is the same, only land plot number 14 received the highest bid with the winning auction price of 2,048 million VND, a difference from the starting price of 478 million VND, because the land plot is a corner plot with the most favorable location, intersecting two main roads; This project has an auction winning amount of 23,466 million VND, different from the starting price of 2,022 million VND. The success factor of an auction project is determining the starting price, auction form, and price step; auction organization, especially customer information security during the process of collecting documents and during the auction.

Evaluation of officials and auction participants on the auction of land use rights in Moc Chau district

Evaluation of officials on auction workusage rightsland in Moc Chau district

Evaluation results of management staff related to the auction of land use rights in Moc Chau district on contents related to the auction of land use rights (regulations on auction, regulations auction process, auction starting price...) are shown in detail in table 5.

Table 5

Evaluation of officials on the auction of land use rights in Moc Chau district

No	Content rated	Result of evaluation			
		Have		Are not	
		Number of votes	Percentage (%)	Number of votes	Percentage (%)
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
1	Applying auction regulations is difficult	5	16.7	25	83.3
2	The auction process is carried out exactly as in the written instructions	30	100	0	0
3	The auction project is included in the district's annual plan	30	100	0	0
4	Build projects according to district needs	30	100	0	0

End of the table 5

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
5	Publicize the auction project	30	100	0	0
6	Implement annual plan	12	40	18	60
7	Is the starting price appropriate?	25	83.33	5	16.7
8	Does the location of the land plot, area, and number of participants affect the land price?	30	100	0	0
9	Follow regulations correctly	30	100	0	0
10	Carry out correct responsibilities and powers	30	100	0	0
11	Good coordination between professional agencies and auction organizing agencies	24	80	6	20
12	After winning the auction, can people exercise their rights and obligations?	30	30	0	0
13	The effectiveness of land allocation in the form of auction	30	30	0	0

It can be seen that 100% of officials believe that the auction is carried out in accordance with the procedures of the guiding documents, and the auction projects are all included in the district's annual plan. All auction projects are publicized for the public to know, and the auction work is carried out in accordance with regulations, responsibilities and powers of individuals and competent agencies. 30/30 officials surveyed also said that the location of the land lot, area and number of auction participants affect the land price. After winning the auction, people can exercise their rights and obligations. And this is also an effective form of land allocation in current state management.

In addition, some officials also said that the auction work did not follow the annual plan (18/32 votes), 05 officials surveyed said that the starting price was not appropriate and up to 83.3% of the officials The investigation found that applying auction regulations was difficult. 6/30 officials also confirmed that there is not good coordination between specialized agencies and auction organizing agencies.

People's assessment of the auction of land use rights in Moc Chau district

People's assessment before auctioning land use rights.

** Evaluate the openness and transparency of auction-related information*

The survey results show that 100% of individuals questioned said that the auction of land use rights is publicized with auction plans, auction decisions, and auction announcements on the government's electronic portal. district, listed at the auction location and the People's Committee headquarters of communes and towns to ensure objectivity, fairness and publicity. 100% of people surveyed also said that information such as area, location, boundaries, purpose of use, land use term, and starting price are all publicly announced. Up to 59/67 people surveyed said that the land plot was in the detailed planning approved by the competent authority. The information is shown in the auction plan and auction notice.

Table 6

Evaluation of information transparency related to auctions

No	Name of project	Number of survey forms	Publicize the auction plan	Information about the plot of land		
				Area, location, boundaries, purpose, land use term	Starting price	The land plot is in planning and planning
1	Project 1	20	20	20	20	15
2	Project 2	33	33	33	33	30
3	Project 3	14	14	14	14	14
	Total:	**67**	**67**	**67**	**67**	**59**

* Evaluation of starting price at auction

Setting a reasonable starting price for the location and area of the auction will attract auction participants and contribute to the success of the project. Auction participants' opinions on the starting price are shown in table 7.

Table 7

Summary of people's evaluation results on starting prices

No	Name of project	Number of survey forms	Starting price					
			High	Percentage (%)	Medium	Percentage (%)	Short	Percentage (%)
1	Project 1	20	8	40	12	60	0	0
2	Project 2	33	7	21.2	26	78.8	0	0
3	Project 3	14	5	35.7	9	64.3	0	0
	Total	**67**	**12**	**29.8**	**47**	**70.2**	**0**	**0**

Regarding the starting price, in all 03 projects, 29.8% of respondents considered the starting price to be high, 70.2% rated it as average. Thus, the determination of the starting price of 03 projects in Moc Chau district is relatively reasonable, close to the actual price on the market.

** Evaluation of fees when participating in land use rights auctions*

When asked whether they had to pay a deposit and registration fee to participate in the auction, 100% of auction participants affirmed that they had to. This is clearly stated in the regulations and notices when participating in auctions of land use rights are made public.

Table 8

Evaluation of fees when participating in the auction

No	Name of project	Number of survey forms	Is the down payment reasonable?		Is the registration fee payable reasonable?	
			Have	Are not	Have	Are not
1	Project 1	20	20	0	20	0
2	Project 2	33	33	0	33	0
3	Project 3	14	ten	4	14	0
	Total	**67**	**63**	**4**	**67**	**0**

The down payment, 63/67 people (accounting for 94%) said that such a down payment is reasonable; Only 4/67 people (6%) thought it was unreasonable because the deposit was too high. 100% of respondents thought the fee was reasonable and in accordance with regulations.

People's assessments during the process of auctioning land use rights

Investigation results show that, during the auction process, in all 03 projects, 100% of respondents assessed that the auction supervision team and the auction organizer had implemented it seriously and in accordance with regulations. , according to the instructions given. Regarding the difference between the starting price and the winning price, 32/67 people (accounting for 47.8%) think the price difference is high; 29/67 people (43.3%) think the price difference is average and 6/67 people (8.9%) think the price difference is low.

Table 9

Results of people's assessment on the implementation of auction regulations and auction differences

No	Name of project	Number of survey forms	Comply with regulations		Price difference		
			Have	Are not	High	Medium	Short
1	Project 1	20	20	0	0	17	3
2	Project 2	33	33	0	20	ten	3
3	Project 3	14	14	0	12	2	0
	Total	**67**	**67**	**0**	**32**	**29**	**6**

People's evaluation after winning the land use rights auction

Table 10

People's assessment results after a successful auction of land use rights

Name of project	Number of survey forms	Procedures and responsibilities of the auction organizing agency		Satisfied with the winning auction price		There is an approval decision		Procedures for granting land use rights certificates	
		Suitable	Not suitable	Have	Are not	Have	Are not	Have	Are not
Project 1	20	20	0	20	0	20	0	20	0
Project 2	33	33	0	33	0	33	0	33	0
Project 3	14	14	0	14	0	14	0	14	0
Total	**67**	**67**	**0**	**67**	**0**	**67**	**0**	**67**	**0**

After winning the auction, the authorities did their job well, 100% of cases had approval decisions, 100% of cases that won the auction after fulfilling all obligations to the State were approved. Is the land use right certificate granted.

General assessment of the auction of land use rights in Moc Chau district

a. These achievements

- Successful auction projects have resolved the need for residential land for auction participants; creating an important source of revenue for the budget, contributing to strengthening state management of land while creating transparency and fairness in land allocation, avoiding negative phenomena.

- The auction of land use rights is organized to ensure honesty, equality, and protect the legitimate rights and interests of participating parties.

- The selection of auction locations and determination of starting prices are increasingly being improved, in accordance with needs and the market.

b. Existence, limitation

-Some auction participants are not proactive in their financial resources and time to pay, so after winning the auction, they cannot fulfill their financial obligations and must accept the loss of their deposit.

- Long-term planning, land use plans, and auction area planning have not been determined and are regularly adjusted locally when needs arise.

- The auction form of some projects is not reasonable (especially the one-time indirect voting form), the auction time is shortened but does not attract many participants and the auction efficiency of the project not tall.

Propose some solutions to strengthen the auction of land use rights

- Review the planning to select suitable auction areas to attract more auction participants

- It is necessary to consider choosing an appropriate auction form for each project, to attract and satisfy auction participants, and at the same time have a high auction winning price, bringing in revenue for the budget.

- Accurately determine your needs and financial capacity before participating in the auction; Timely completion of financial obligations and documentation procedures to receive land allocation and issuance of Land Use Rights Certificate after winning the auction

Conclusion

- In the period 2018 – 2022, in Moc Chau district, auctions were conducted at 31 land plots, with 724 plots of land, total area of 99,185.3m², the amount of land use collected through auction was 539.32 billion. copper,higher than the starting price of 64,805 billion VND, while also solving the need for residential land for those in need. Most of the auction projects in the town have been successfully auctioned, which are projects with favorable auction locations and reasonable starting prices.

- Through survey results, it shows that the auction of land use rights in Moc Chau district is relatively well organized and the determination of the starting price is relatively close to the market price, approved by officials and staff. The

auction participants gave good reviews, the work before, during and after the auction was carried out according to regulations and the evaluators were satisfied with a high rate.

- In order for the auction of land use rights in Moc Chau district to be more effective in the coming time, it is necessary to synchronously implement groups of solutions, including reviewing planning and choosing the appropriate auction form for each project. , choose the appropriate auction form and determine your needs and financial capacity before auction.

References

1. Duong Thi Thu Ha et al (2018).Research on land use rights auctions of a number of projects in Thua Thien Hue province**.**Journal of Agricultural science and technology. Volume 2(2) -2018 Pages 673-682

2. Nguyen Thu Thuy et al (2020).Auction of land use rights in Quang Xuong district, Thanh Hoa province. Thai Nguyen University Science & Technology Magazine. Pages 616 – 623.

3. Ho Thi Lam Tra et al (2019). Evaluating the auction of residential land use rights in Tu Son town, Bac Ninh Province. Journal of Forestry Science and Technology No. 4 -2019. Pages 189 -194.

4. Moc Chau District People's Committee (2018) Report on progress and results of land fund exploitation in 2018, plan for 2029.

5. Moc Chau District People's Committee (2019) Report on progress and results of land fund exploitation in 2019, plan for 2020.

6. Moc Chau District People's Committee (2020) Report on progress and results of land fund exploitation in 2020, plan for 2021.

7. Moc Chau District People's Committee (2020) Plan for auctioning land use rights for the new administrative center area in sub-zone 14, Moc Chau town

8. Moc Chau District People's Committee (2020) on the auction of land use rights for the new administrative center area in sub-zone 14, Moc Chau town, Moc Chau district

9. Moc Chau District People's Committee (2021) Plan for auctioning land use rights for residential area on Decree 10 Street, Ang village, Dong Sang commune, Moc Chau district

10. Moc Chau District People's Committee (2021) Decision approving the new residential land plot OM-04 belonging to the total area of the Ang 3 road project, Dong Sang commune, Moc Chau district.

11. Moc Chau District People's Committee (2021) Explanatory report summarizing land use planning adjustments to 2030.

12. Moc Chau District People's Committee (2021) Report on progress and results of land fund exploitation in 2021, plan for 2022.

13. Moc Chau District People's Committee (2022) Report on progress and results of land fund exploitation in 2022, plan for 2023.

Tran Van Tuong
Lecturer
Vietnam National University of Forestry
Vietnam, Xuan Mai Town
tuongvtran@gmail.com
Do Tuan Anh
Lecturer
Vietnam National University of Forestry
Vietnam, Xuan Mai Town
tuongvtran@gmail.com

DETERMINING PRODUCTIVITY AND PRODUCTION COSTS OF CHAINSAW HUSQVARNA 353 USED FOR FELLING *ACACIA MANGIUM* PLANTATION IN VIỆT NAM

Abstract. Plantations account for about 60 ÷ 70% of the area of production plantation in Vietnam. Chainsaw are equipment used mainly for felling in logging planted forests in Vietnam, including Acacia mangium plantations. The Husqvarna 353 chainsaw model with small engine power is considered suitable for logging Acacia mangium in Vietnam. The study selected two indicators including productivity and production costs for the evaluation. Research results show that the productivity of the Husqvarna 353 chainsaw when felling pure-species Acacia magium depends on many factors, of which two main factors are terrain slope and dimention of felling tree diameter. For the terrain with steep slope (average on 31^0) and the diameter $D_{1.3}$ of the felled tree with 13.2 cm, the productivity reaches 2.3 m^3/h, while for flatter terrain (average on 9^0) and diameter $D_{1.3}$ of 13.9 cm, the productivity reaches 2.9 m^3/h. The terrain slope and tree diameter also affect the cost of felling the trees by the Chainsaw 353. In the case of terrain with a steep slope (31^0) and the diameter of felled trees at 13.2 cm, the felling production cost is calculated at 58,464 VND/m^3, while in the case of flatter terrain (21%) and the diameter for larger trees (13.8 cm), the felling production cost is lowe with only 38,016 VND/m^3.

Keywords: Chainsaw, productivity, production cost, plantation logging, felling.

Introduction

Vietnam's total forest area by 2022 is announced at 14,745,201 hectares, of which natural forest area is 10,171,619 hectares, accounting for 68.98% and planted forest area is 4,573,444 hectares, accounting for 31.01% [1]. Forests in Vietnam are classified into three types according to their function, including 4.46 million hectares of protection forests (3.84 million hectares of natural forests, 0.62 million hectares of planted forests), 2.11 million hectares of special-use forests (2.02 million hectares of natural forests, 0.09 million ha of planted forest) and production forest 6.66 million ha (natural forest 3.94 million ha, planted forest 2.72 million ha). Domestic wood supplies are mainly harvested from production forests [1].

According to Ministry of Agriculture and Rural Development [2], since 2016, the logging activities of natural forest including primary harvestation, salvage and salvage of timber is only carried out for forest owners who have a sustainable forest management plan according to the provisions of the Ministry of

Agriculture and Rural Development [2]. Therefore, since 2016, logging has mainly undertaken in planted forests. Today, chainsaw are still the popular tree felling equipmen today in countries around the world. For developed countries, modern, high-productivity and safe machinery such as harvester, feller buncher are being widely applied for logging, however these machines are expensive and only suitable for relatively flat terrain, road system in available and plantation logging which has small dimesion of felling diameter and large harvesting area. In the case with steep slopes and large diameter trees, chainsaw need to be used in developed countries. In developing countries, the rate of chainsaw application in logging is still high while in Vietnam chainsaw are the main tools used logging of natural forests and planted forests in recent and in the coming years.

When using chainsaw, two of the very important economic and technical indicators need to be considered are productivity and production costs of chainsaw. These two indicators are the basis for selecting chainsaws, estimating the number of chainsaws, and calculating economic efficiency when planning for harvesting. Plantations in Vietnam are distributed on relatively diverse terrain with different slopes and tree diameters, leading to different productivity and production costs when using chainsaw. This study aims to determine productivity and production costs in different terrain conditions and tree diameters to provide reliable data on productivity and production costs when using chainsaws for felling.

Materials and methods

To determine the productivity and production costs, it is necessary to select a specific study site and equipment. Then, the time study method was applied to determine felling productivity. To determine production costs, the research is based on Miyata's calculation method [6]. Data for calculation are collected through the direct field measurements and interview methods.

Study site

The Northeast region accounts for 38% of the total 4.5 million hectares of planted forests in Vietnam with a total area of 1.65 million hectares, the North Central region with a total area of 0.91 million hectares, the Coastal region 0.75 million hectares. hectares, Central Highlands 0.42 million hectares and the remaining areas are other areas with a total area of 0.63 million hectares [2]. Thus, the largest area of planted forests in Vietnam is located in the Northeast region and is relatively representative of planted forests in Vietnam.

Hoa Binh Forestry Company is located in the Northwest region and it is considered as one of the dependent accounting units of Vietnam Forestry Corporation. Plantations managed by the company are mainly the type of pure plantation forests with a short rotation of five to seven years. The annual planting and harvesting area by the company is above 500 hectares. The average harvested and transported timber is above 45,410 m^3/year. The company's forest terrain is relatively diverse, from flat terrain of less than 5^0 to terrain with steep slopes of over 30^0. Therefore,

it is representative of the Northeast region in terms of forest type and terrain conditions, logging methods, ownership type and is selected as the study sites for measuring, collecting and analysing data.

The study was conducted in two harvesting sites including site A and site B. Site A represents for the case with a large terrain slope and site B represents for the case with a small terrain slope with specific information shown in Table 1.

Table 1

Characteristics of two chosen sites

Features	Measurement units	Site A	Site B
Area of study site	ha	2.4	3.1
Kind of forest	-	Single species	Single species
Species	-	*Acacia mangium*	*Acacia mangium*
Total of stand volume	m^3/ha	92	85
Harvested method	-	Clear felling	Clear felling
Average harvested BDH	cm	13.9	13.2
Max slope of terrain Average slope of terrain Min slope of terrain	Degree Degree Degree	39 31 23	12 9 6

Description of the time components and data collection methods

Applying the concept of time components for a working shift in the study [4] and [5], the time components of a shift in this study are shown in Figure. The total time of a felling shift is divided into working time and non-working time. Working time includes productive working time and slack time. Delay time includes two components: avoidable delay time (such as time waiting for previous steps, time to repair machines due to unexpected breakdowns, go to get fuel, file due to improper work organization). reason...) and unavoidable delay times (such as time to file gasoline saws, time to refill fuel, lubricating oil...).

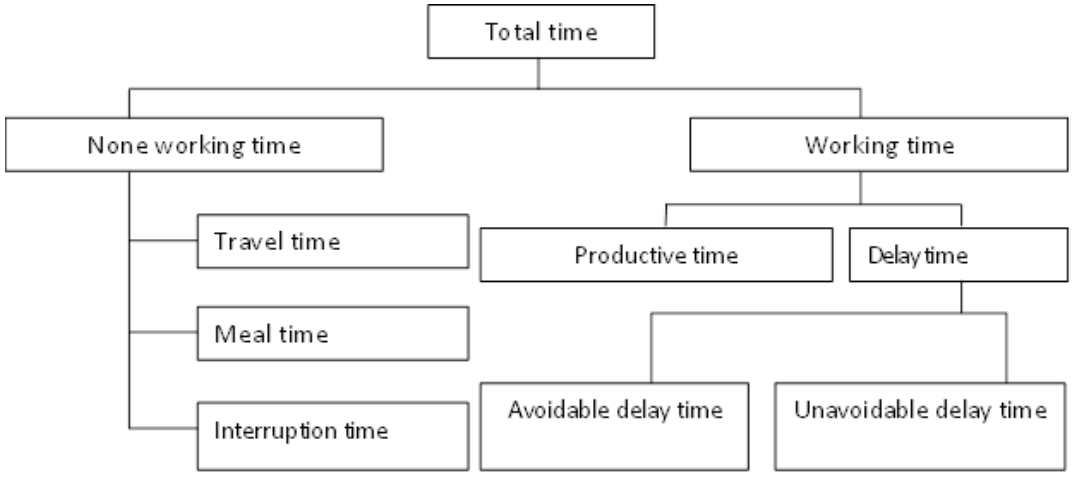


Fig. Time components of a felling shift used in this study

Effective working time includes the time to move to the felling tree, the time to prepare to fell the tree (choose the direction of the felling trees, clear the surrounding area, prepare a bypass), open-cutting time (the time to open the cut), back cuttng time (the time to cut the back), the time to cut branches and crosscutting. Regarding the practice of felling small timber plantation in Vietnam, debranching and crosscutting processes are not carried out for each individual tree after felling that tree, but is carried out for many trees at the same time after felling a number of trees with the aim to improve felling productivity. In the case of felling site A and B, the operations also take place in the same way. Non-working time includes travel time, lunch breaks, and short breaks.

To determine the time taken to perform the operations, the study used a Casino HS 30-W stopwatch, combined with the use of a Sony HDR-PJ675E camcorder to ensure the accuracy of the recorded time data. cross. Log diameter was determined using a Haglöf Mantax 80 caliper, log length was measured using a tape measure. Experimental research was conducted in 5 shifts (8 hours/shift).

Result and discussion

Productivity

The contribution time of one working shift for felling is shown in Table 2. The total average time of one working shift in study site A is 522 minutes (equivalent to 8.7 hours) of which the effective working time is 256.1 minutes, accounting for 49.1 %; non-working time is 219.1 minutes, accounting for 41.9%; the remaining interruption time is 47.5 minutes, accounting for 9.1%.

Table 2

Time to perform operations when using chainsaw for felling

Time components	Time measurement (minute)	
	Site A	Site B
Non working time (min)	219.1	235.3
Travle time	22.5	28.6
Short break time	35.2	31.0
Meal time	161.4	175.7
Working time (min)	256.1	232.6
Moving time between felled tree	5.7	7.7
Direction felling seletion time	6.5	8.1
Open cutting time	38.4	51.3
Back cutting time	34.2	41.9
Debranching and crosscutting time	171.3	123.6
Delay time (min)	47.5	44.8
Unavoidable time	21.3	15.7
Avoidable time	26.2	29.1
Total shift time (min)	522.7	515.7

Total average working time of one working shift in study site B is 515.7 minutes (equivalent to 8.59 hours) of which effective working time is

232.6 minutes, accounting for 45.1%; Non-working time is 235.3 minutes, accounting for 45.6%; The remaining interruption time is 44.8 minutes, accounting for 8.7%.

The average total time per working shift for study site A is 7 minutes longer than in site B. There is no big difference of average total time per shift between two study site. The above difference in time reflects a relatively consistent work organization. However, basically the work stages in felling are still carried out according to working habits. The open-cut time and back cutting time of site A are also significantly different from site B, 19 minutes more than site B, mainly due to diference of terrain conditions, tree diameter and density of felled trees.

From Table 3, it can be seen that the average effective working time to cut down a tree from moving between felling the trees, open and back cutting, debranching and crosscutting in site A with steep terrain is 2.44 minutes, of which 1.63 minutes for debranching and crosscutting, accounting for 66.8% of the total time for felling a tree. The remaining with 0.81 minutes is for moving between felled trees, preparing, open and back cutting. For site B, with flatter terrain, the average total time to perform felling operations for a tree includes moving between the felling trees, preparation, open and back cutting, debranching and crosscutting is 1.77 minutes, 0.67 minutes shorter than the case of site A. Of the total time of 1.77 minutes, 0.94 minutes were spent on cutting branches and pieces, accounting for 53.3%, and the remaining time was 0.83 minutes for the remaining tasks, accounting for 46.9%.

Table 3

Felling volume and average effective working time per shift

		Site A	Site B
Felling volume per working shift	Diameter $D_{1.3}$ (*cm*)	13.9	13.2
	Number of felled trees/shift	105	131
	Average volume/tree (m^3)	0.091	0.098
	Average felling volume/shift (m^3)	10.98	12.84
Average effective working time per working shift	Moving time between felling trees, preparation time, open cutting time and back cutting time (*min*)	84.8	109.0
	Debranching and crosscutting time (*min*)	171.3	123.6
	Total effective working time (*min*)	256.1	232.6

Hourly productivity for the felling activities including moving between felling trees, open and back cutting, debranching and crosscutting is calculated based on the effective working time calculated according to the parameters in Table 03. For the case of site B with flat terrain, the productivity is calculated at 3.30 m^3/h, while in the case of site A with steep terrain, it is calculated at 2.57 m^3/h, which is 0.73 m^3/h lower than in the case of site B. The difference in productivity here due to many factors, such as the average diameter of felled trees in site B is larger than site A, weather conditions affect the ability of workers in work. However, the factor that causes bigest difference is due to the slope of terrain. That is shown by the number felled trees. The average felled trees in site B is 131 trees while the number of felled trees in site A is determined only 105 trees. Thus, it

can be seen that terrain conditions have a great influence on the felling productivity of chainsaw. Logging operations on a flat terrain will be more convenient, especially openning and back cutting, debranching and crosscutting activities, while on a steeper terrain will make it more difficult for these operations.

Productivity of a working shift for felling is calculated based on the data on Table 02 and Table 03. The productivity for site A with steep terrain is calculated at 10.9 m^3/shift while in the case of site B with a relatively flat slope, the productivity is higher at 12.8 m^3. /ha. This difference in productivity of a working shift is mainly due to many reasons such as felling different diameters, densities of felled trees, terrain conditions, and weather conditions, in which the slope conditions has bigest influence that causes the difference of productivity in a working shift between two case studies. This is also shown through diference of the number of felled trees between two case studies, the case study in site A has 26 felled trees smaller than in the case of site B.

Production costs

Production costs when using chainsaw for felling are shown in Table 04. For site A, the total average cost of using chainsaw is 58,4640 VND/m^3, of which labor costs are calculated at 34,848 VND/m^3, accounting for 60.1%; fuel and lubricating oil costs are 12,756 VND/m^3, accounting for 22.81%; The remaining costs are depreciation cost for chainsaws, chain and bar costs with 10,800 VND/m^3, accounting for 17.09%.

For study site B with flat terrain, the total cost of felling is calculated at 38,016 VND/m^3, of which the labor cost is 17,952 VND/m^3, accounting for 46.9%; fuel and lubricating oil costs are 9,924 VND/m^3, accounting for 25.8%; The remaining costs are depreciation cost for chainsaws, chain and bar costs with 10,140 VND/m3, accounting for 27.3%.

In both case study A and B, labor costs account for the largest proportion of the total cost of using chainsaws for felling with 60.1% in the case study A and 46.9% in the case study B. This shows that the skill of the worker operating the chainsaw has a great influence on the production cost; the more skilled the worker, the less production costs. Fuel and lubricating oil costs account for nearly the same proportion as maintenance and repair costs and depreciation costs for chainsaws, chains and bars.

Table 4

Production costs of chainsaw for felling in study site A and B

No	Parameter	Unit	Costs		
1	*2*	*3*	*4*		*5*
			Study site A	Study site B	
I	Machine costs	VND/m^3	23.610	20.064	
1	*Fixed cost*	*VND/m^3*	*4.032*	*3.157*	
-	Depriciation	VND/m^3	2.592	1.910	

End of the table 4

1	*2*	*3*	*4*		*5*
-	Interest rate	VND/m^3	1.400	1.247	
-	Insurance	VND/m^3	0.00	0.00	
-	Tax	VND/m^3	0.00	0.00	
2	*Operation costs*	*VND/m^3*	*19.584*	*16.907*	
-	Maintenance and repair cost	VND/m^3	1.728	1.600	
-	Guide bar cost	VND/m^3	1044	1.190	
-	Chain cost	VND/m^3	2.592	2.509	
-	Chain file cost	VND/m^3	1.464	1.682	
-	Fuel cost	VND/m^3	7.920	6.475	
-	Lubricant cost	VND/m^3	4.836	3.448	
II	Labor cost	VND/m^3	34.848	17.952	
	Total production costs	VND/m^3	58.464	38.016	

The total production cost in general and the cost components in case study A is higher than in case study B. That is due to the productivity of the case A is lower than case B. Especially, the difference in labor costs between the two cases is larger than the difference of other component costs. This can be explained by the fact that the costs including fuel, maintenance costs are almost proportional to the volume of felled trees, therefore these costs calculated for 1 m^3 will be not much different while the salary of workers in a working shift is relatively stable. Thus, in case of calculating the labor cost for 1 m^3 of felled round wood, the labor cost depends mainly on the productivity of the chainsaw.

Conclusion

The study calculated and analyzed the productivity and production costs of the Husqvarna 353 chainsaw used for felling *Acacia mangium* plantation with clear harvesting method for two typical cases in Vietnam. The study results show that the productivity of using chainsaw for felling *Acacia mangium* plantation forests in Vietnam depends on many factors in which including terrain slope conditions and felled tree diameter. For terrain with an average slope of 31^0 and diameter $D_{1.3}$ of 13.9 cm, the average felling productivity calculated for effective working time reaches at 2.57 m^3/h (10.9 m^3/shift), while the terrain with a more favorable slope of 9^0 and an average diameter $D_{1.3}$ of 13.8 cm, the felling productivity calculated for effective working time is 3.30 m^3/h (12.8 m^3/ha), higher than the case A with steeper terrain and smaller diameter of felled trees.

The terrain slope conditions and the felled tree diameter also affect the production costs of chainsaw Husqvarna 353. In the case of steep terrain with an average slope of 31^0 and tree diameter of 13.9 cm, the felling production costs are 48,720 VND/m^3, while in the case of flatter terrain (9^0) and diameter of smaller felled trees of 13.2cm, the felling production costs are calculated at 31,680

VND/m^3, lower than in the case of steep terrain and smaller felled tree diameter. The study results also show that the labor costs per 1 m^3 are greatly influenced by felling productivity in one working shift. In case the shift productivity is higher, the labor costs per 1m^3 of felled timber will be lower than in the case of lower shift productivity.

References

1. VNFOREST (2016). Decision No 2860/QĐ-BNN-TCLN, date 27/7/2022 about the announcement of forest status in 2022. General Department of Forestry.

2. MARD (2016). Cicular No 21/2016/TT-BNNPTNT, date 28/6/2016 on regulations on primary timber harvestation, utilization and recovery of forest products. Ministry of Agriculture and Rural Development.

3. FSC (2015). An overview of recent trends and current status of Forest Stewardship Council (FSC) certification. https://us.fsc.org/en-us/what-we-do/facts-figures.

4. IUFRO, 1995. Forestry Work Nomenclature. In Test edition valid 1995-2000 (Garpenberg, Sweden, Sveriges Lantbruksuniv), p. 16.

5. Tran Van Tuong (2013). Timber and harvesting in Vietnam – Issue and way forward in sustainability. Lambert Academic Publishing. ISBN: 978365987321.

6. Miyata, E.S., 1980. Determining fixed and operating costs of logging equipment (St. Paul, Minneosta, U.S. Department of Agriculture Forest Service), p. 16 p.

Михайлов Д.Н.
аспирант
Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П.А. Костычева
Россия, Рязань
dm.mikh.rgatu@gmail.com

Научный руководитель: ***Колошеин Д.В.***
к.т.н., доцент
Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П.А. Костычева
Россия, Рязань
dkoloshein@mail.ru

РАЗРАБОТКА КОНТЕЙНЕРНОГО СПОСОБА ХРАНЕНИЯ СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ

Аннотация. В статье представлены современные тенденции в сельском хозяйстве России, связанные с импортозамещением и обеспечением продовольственной безопасности страны. Проведенные исследования включают испытания эффективности разработанного контейнера. Основная цель исследований на ближайшие два года это – разработка контейнерного способа хранения семенного картофеля. В рамках испытаний в статье приведены результаты сравнения потерь сельскохозяйственной продукции при хранении с использованием стандартных и улучшенных контейнеров. Выявлены недоработки

улучшенного контейнера, такие как проблемы с герметичностью клапанов и необходимость уменьшения его объема. Однако при этом отмечается, что улучшение вентиляционной системы и регулирование воздушного потока в контейнере способствует уменьшению потерь продукции. Представлены и практические аспекты исследования, а также планы по дальнейшему совершенствованию контейнера и разработке технической документации для блока управления климатической установки.

Ключевые слова: картофель, вентиляция, контейнер, хранение, потери.

Mikhailov D.N.
Postgraduate Student
Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev
Russia, Ryazan
dm.mikh.rgatu@gmail.com
Scientific Advisor: ***Koloshein D.V.***
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev
Russia, Ryazan
dkoloshein@mail.ru

DEVELOPMENT OF A CONTAINER METHOD FOR STORING SEED POTATOES

Abstract. The article presents current trends in Russian agriculture related to import substitution and ensuring the country's food security. The conducted research includes testing the effectiveness of the developed container. The main goal of the research for the next two years is to develop a container method for storing seed potatoes. As part of the tests, the article presents the results of comparing the losses of agricultural products during storage using standard and improved containers. The shortcomings of the improved container were revealed, such as problems with the tightness of the valves and the need to reduce its volume. However, it is noted that improving the ventilation system and regulating the air flow in the container helps to reduce product losses. Practical aspects of the study are also presented, as well as plans for further improvement of the container and the development of technical documentation for the control unit of the climate control unit.

Keywords: potatoes, ventilation, container, storage, losses.

Сегодня в России идет тенденция к импортозамещению технологий и формированию собственной интеллектуальной и исследовательской базы, что позволит в дальнейшем максимально обеспечить продовольственную безопасность страны. Для достижения результатов, поставленных Президентом Российской Федерации в доктрине продовольственной безопасности 2020 года, по достижению уровня самообеспечения овощной продукцией на уровне не менее 90% и картофелем на уровне не менее 95% необходимо не только увеличивать посевные площади, но и сохранить убираемый объем продукции, приведя потери к минимальным значениям, увеличивая экономическую эффективность производства. При текущем уровне самообеспе-

чения овощной продукцией, семенной картофель продолжает активно импортироваться из стран Европы, а самообеспечение собственным семенным фондом, по данным академии РАН, составляет около 7%.

Целью работы на текущий момент – это разработка контейнерного способа хранения семенного картофеля.

Задачи на текущий момент:

– провести лабораторно-полевые исследования эффективности применения доработанного контейнера.

– провести теоретические расчеты для эффективной работы систем вентиляции картофелехранилища, с учетом разработанного контейнера;

– разработка технического задания для блока управления климатической установки

Лабораторно полевые испытания проводились на базе УНИЦ «Агротехнопарк» Рязанского государственного агротехнологического университета, в осенний период 2022 года.

Посадка картофеля осуществлялась в мае 2022 года, семенным материалом, который хранился навальным методом в картофелехранилище. Посадочный материал находился не в самом хорошем состоянии, что видно на фотографии (рисунок 1). Можно обратить внимание на наличие битых, подавленных, потресканных клубней, а некоторые семена были даже подгнившие. Картофель мягкий и легко прощупывался, потеря массы за период хранения могла достигнуть 40%, но таких расчетов проведено не было, показатель примерный и сделан из оценки внешнего вида картофеля и процента отсортированных гнилых клубней. В процессе протравки семенного картофеля препаратом «Макрим, КС» было обнаружено множество клубней, имеющих сухую и мокрую гниль, часть сеток с картофелем были утилизированы полностью.



Рис. 1. Уборка картофеля 2022 год

В сентябре 2022 года, на опытном поле агротехнологической станции, началась уборка картофеля, к участию в которой были привлечены силы студентов и сотрудников РГАТУ. Уборка проходила полумеханизированным способом, выкапывание осуществлялась двумя картофелекопателями КТН-2В и тракторами МТЗ 80 и МТЗ 82. Условия уборки можно охарактеризовать как тяжелые, почва сырая после дождей, температура на убираемом поле не превышала 10°С. Выкопанный картофель укладывали в мешки, а затем на телеге ТП-6, прицепленной к трактору МТЗ-1221.3, и на автомобиле КАМАЗ картофель доставлялся к месту перевалки и сортировки. Из мешков картофель ссыпали на транспортерную ленту, где отбирались больные, гнилые, и сильноповрежденные клубни, после чего картофель укладывали в сетки. При прогнозируемой урожайности 130 ц/га, в склад было заложено 196 центнеров (общая площадь картофельного поля – 1.9 га), отходы, выделенные при сортировке, составили 26 центнеров. Потери при уборке составили приблизительно 12-14%.

Для испытаний были использованы стандартные контейнеры для хранения сельскохозяйственной продукции совместно с улучшенным запатентованным контейнером.

По результатам производственных испытаний были выделены следующие недостатки, требующие устранения:

- Негерметичность клапанов – верхнего и нижнего, происходят потери воздушного потока, что недопустимо для штабеля пяти контейнеров;
- Большой объем контейнера – необходимо его уменьшение для облегчения работы и использования менее грузоподъемной техники (вес продукции в контейнере не больше 500 кг);
- Требуется усовершенствование вентиляционной установки.

Проведенный анализ показал, что за счет конструктивной особенности вентиляционных установок в хранилище контейнеров, в нижней и верхней части воздушные потоки распределяются не равномерно. Неравномерность распределения воздушного потока достигает от 38 до 49%. Решение задачи по равномерному распределению потоков вентиляционного воздуха по всему контейнеру внесет значительный вклад в продовольственную безопасность страны.

С целью повышения эффективности хранения семенного картофеля разработан контейнер для хранения картофеля (патент на полезную модель № 222055) (рис. 2). Для регулирования воздушного потока внутри контейнера в вертикальном направлении предусмотрен перфорированный воздуховод, с поперечным сечением в форме круга.

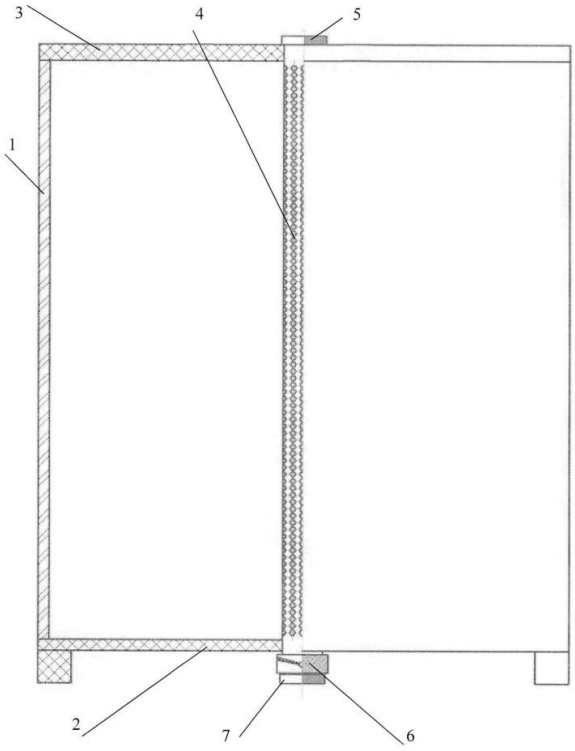


Рис. 2. Улучшенный контейнер для хранения сельскохозяйственной продукции

В результате теоретических исследований было обосновано движение воздушного потока по воздуховоду, находящемуся внутри контейнера с использованием различных моделей. Анализ полученных значений показал, что основами неизвестными и в тоже время значимыми величинами является температура слоя картофеля, находящегося в центре в контейнере, также к основным параметрам можно отнести и температуру потолка картофелехранилища. Определен начальный диаметр отверстий перфорированного

Не смотря на выявленные недоработки, в рамках второго этапа исследований получены следующие положительные результаты: это уменьшение потерь продукции. Для сравнения

- Контейнер без воздуховода – потери 11,5% (максимальные потери приходятся на гниль – 7%;

- Контейнер с воздуховодом – потери 9,5% (потери на гниль приблизительно равны техническим потерям).

Хранение семенного материала требует особых условий, которые необходимо соблюдать на всём протяжении периода хранения. От того, как хорошо организована вентиляция зависит то, насколько хороший будет урожай. Перед производителями семенного и продовольственного картофеля стоит основная задача – это сохранение урожая в течение 9 месяцев, для высева и продажи в период максимального спроса. Для удовлетворения потребностей в качественной вентиляционной системе, предназначенной в основном для хранения семенного картофеля, реализуется проект «Разработка

контейнерного способа хранения картофеля», который уже получил грант от Фонда содействия инноваций «Студенческий стартап». В планах, к концу года разработать схему блока управления климатом, для работы с контейнерами для хранения картофеля по системе «индивидуальной вентиляции». Разработка технического задания для блока управления климатической установки позволит выделить основные направления работы и создать алгоритм и схему работы блока управления климатом. В дальнейшем имеющийся задел позволит создать более совершенный прототип контейнера и техническую документацию блока управления климатической установки, с учетом выявленных недочетов.

Список литературы

1. Колошеин Д.В. Условия хранения корнеплодов в Рязанской области (на примере картофеля и морковки) / Д.В. Колошеин, С.Н. Борычев, О.А. Савина // Проблемы и пути инновационного развития АПК: Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. – Махачкала, 2014. – С. 101-105.

2. Колошеин Д.В. Снижение потерь картофеля и энергопотребления системы вентиляции картофелехранилища совершенствованием воздуховода [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / Колошеин Дмитрий Владимирович. – Рязань, 2017. – 132 с.

3. Колошеин Д.В. Методика расчета систем активной вентиляции на основе проведенного лабораторного эксперимента при высоте насыпи картофеля 6 метров / Д.В. Колошеин, С.Н. Борычев, И.А. Успенский // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1.

4. Колошеин Д.В. Лабораторные исследования процесса хранения картофеля в хозяйстве ООО "Подсосенки" Шацкого района Рязанской области // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2016. Т. 29. №1. С. 71-74.

5. Патент № 2637215 Россия, МПК B02C 19/16 (2006.01), B02C 17/00 (2006.01). Вибрационная мельница : № 2017105030 : заявл. 15.02.2017 : опубл. 01.12.2017 / Артеменко К. И., Богданов Н. Э. ; заявитель БГТУ. – 4 с.

6. Патент № 183361 U1 Россия, МПК E04H 5/08. Хранилище сельскохозяйственной продукции: № 2018112101: заявл. 03.04.2018: опубл. 19.09.2018 / С. Н. Борычев [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ) – 8 с.

7. Патент на полезную модель № 175783 U1 Россия, МПК E04H 5/08. Хранилище сельскохозяйственной продукции: № 2017116245: заявл. 10.05.2017: опубл. 19.12.2017 / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев В. Д. Липин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – 9 с.

8. Колошеин Д.В. Основы проектирования вентиляции хранилищ с учетом физико-механических свойств (на примере Рязанской области) / Д.В. Колошеин // Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производств: Материалы Международной научнопрактической конференции. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2015. – С. 98-101.

9. Колошеин Д.В. Условия хранения корнеплодов в Рязанской области (на примере картофеля и морковки)/ Д.В. Колошеин, С.Н. Борычев, О.А. Савина // Проблемы и пути инновационного развития АПК: Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. – Махачкала, 2014. – С. 101-105.

СЕКЦИЯ 6. СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ КОМПАНИЙ

Серебров А.А.
студент
СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
Россия, Санкт-Петербург
andrew.201391@gmail.com

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕСА ЗА СЧЕТ УПРАВЛЕНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ

Аннотация. Данная статья обсуждает важность управления бизнес-процессами (BPM) для повышения эффективности компаний. Рассматривается значимость BPM в контексте достижения целей компании и адаптации к постоянным изменениям внутри и вне компании. Уточняется, что эффективное управление бизнес-процессами требует систематического подхода и компетентных экспертов, а также поддержки руководства и финансовых ресурсов. Обсуждаются результаты опроса, указывающие на нехватку адекватных ключевых показателей эффективности и необходимость систематического улучшения бизнес-процессов при внедрении информационных систем в компании. В заключении поднимается вопрос о том, насколько улучшения бизнес-процессов будут случайными или реализуются через систематический подход BPM.

Ключевые слова: BPM, управление, бизнес-процессы, автоматизация.

Serebrov A.A.
Student
St. Petersburg Electrotechnical University «LETI»
Russia, St. Petersburg
andrew.201391@gmail.com

INCREASING BUSINESS EFFICIENCY THROUGH BUSINESS PROCESS MANAGEMENT

Abstract. This article discusses the importance of business process management (BPM) in improving the performance of companies. The importance of BPM is considered in the context of achieving company goals and adapting to constant changes within and outside the company. It is clarified that effective management of business processes requires a systematic approach and competent experts, as well as management support and financial resources. The results of the survey are discussed, indicating a lack of adequate key performance indicators and the need for systematic improvement of business processes when implementing information systems in a company. The conclusion raises the question of how much business process improvements will be ad hoc or implemented through a systematic BPM approach.

Keywords: BPM, management, business processes, automation.

Современная деловая среда становится все более конкурентной и требовательной, что подталкивает компании, включая некоммерческие организации, к постоянному улучшению своего бизнеса. Глобализация, современные информационные технологии, повышение уровня образования и доступ

к большему числу рынков через онлайн-торговлю создают новые вызовы. Неэффективное управление бизнес-процессами и отсутствие системного подхода могут привести к лишним процессам, увеличению неэффективности и снижению конкурентоспособности.

Автоматизация бизнес-процессов является важной частью жизненного цикла компании, но неэффективные процессы следует улучшить или оптимизировать перед внедрением информационных систем (ИС). Бизнес-процессы способствуют сотрудничеству всех частей организации для достижения общей цели – улучшения обслуживания клиентов. Однако лишь небольшая часть организаций получает значительные выгоды от цифровой трансформации своих бизнес-процессов. Это связано с недостаточным улучшением или перепроектированием бизнес-процессов перед автоматизацией, вызванным отсутствием систематического подхода к управлению ими.

В управлении бизнес-процессами (BPM) наблюдается сдвиг акцента с проектного уровня на стратегический уровень предприятия. Это отражает осознание руководителями компаний важности BPM, управления улучшением бизнес-процессов (BPI) и пересмотра бизнес-процессов (BPR) для достижения бизнес-целей. Развитие систем управления бизнес-процессами (BPMS) становится ответом на этот сдвиг, объединяя процессы, навыки сотрудников и информационные технологии в рамках предприятия.

Для этого компаниям необходимо определить свои бизнес-цели, создать карту бизнес-процессов в соответствии с бизнес-стратегией и, самое главное, внедрить свои бизнес-планы в жизнь. Важными драйверами внедрения BPM и планирования ресурсов предприятия (ERP) являются: отсутствие инноваций и устаревшие бизнес-процессы (45%), улучшение качества и согласованности продуктов и услуг (41%), упрощение и устранение рисков в бизнес-процессах (33%), максимизация рентабельности активов (28%).

Существуют три области, в которых компании ожидают максимального влияния от BPM: максимизация экономической эффективности (55,8%), оптимизация времени вывода продукции на рынок (38,8%), поддержка клиентов в самообслуживании (29,7%).

Согласно отраслевым исследованиям, 94% фирм уже внедрили или планируют внедрить инициативы BPM в течение ближайших трех-пяти лет, что подчеркивает высокую актуальность этой области. Только 6% компаний пока не рассматривают внедрение инициатив BPM.С развитием новых информационных технологий появляются новые концепции и алгоритмы для работы с данными, что формирует будущее управление бизнес-процессами более эффективным и разумным, чем сегодня.

Опрос проведен, основываясь на исследовании BPTrends (Harmon, P., 2017), но был адаптирован под цели данного исследования. Он проводился онлайн в период с июня по сентябрь 2016 года, включая 500 распределенных анкет, из которых только 90 были полностью заполнены. Полученные данные были подвергнуты статистическому анализу в Excel с использованием основных методов. Сложность и специфика этого исследования в первую

очередь связаны с тем, что предмет исследования был незнаком большинству респондентов, что привело к значительному числу незаполненных анкет. Всего 18% респондентов завершили анкету из общего числа распределенных (см. Хаджич, 2017, стр. 57-79).

Результаты этого исследования также сопоставлены с данными из исследования "Состояние бизнес-процессов Менеджмент 2014" (Harmon P. и Вольф К.), "Состояние управления бизнес-процессами 2016" и "Состояние бизнес-процессов Менеджмент 2018" от Хармона П.

К сожалению, пятая часть опрошенных (авторы опроса) считают, что ни один из предложенных ответов не соответствует описанию BPM в их компании. Аналогичные результаты были получены и в других исследованиях (Harmon и Вольф 2014, с. 11, Хармон 2017, с. 11), где описание BPM варьировало, и оно воспринималось как: нисходящая методология, предназначенная для организации, управления и измерения организации на основе основных процессов организации (31% в 2018 г., 33% в 2020 г.), системный подход к анализу, перепроектированию, улучшению и управлению конкретным процессом (32% в 2013 г., 25% в 2015 г.), набор новых программных технологий, которые упрощают работу ИТ-специалистов в управлении и измерении процессов с применением приложений для рабочих процессов и процессов (9% в 2018 г., 11% в 2020 г.).

Большинство респондентов знакомы с понятиями, связанными с организационной структурой, но с развитием компьютеризации бизнес-процессов организационная структура принимает другую форму.

Большинство респондентов исследования знакомы с основными понятиями BPM, BPI и BPR, но лишь около половины из них были знакомы с основной терминологией. Это особенно относится к респондентам из крупных компаний в ФБиГ с высоким уровнем образования. Недостаточное знание базовой терминологии может быть связано с недостаточным вниманием к роли и значению BPM, BPI и BPR в системе образования и предпринимательстве. Эти знания и навыки важны для будущих менеджеров и лидеров.

Однако остается вопрос, насколько философия бизнеса, ориентированная на постоянное совершенствование с использованием BPM, BPI и BPR, проникает в компании, где работают респонденты.

Изучение данных о финансовых ресурсах позволяет задаться вопросом о том, будет ли и в какой степени компания участвовать в управлении и улучшении бизнес-процессов. Половина респондентов считает, что компания "изредка" проводит улучшение бизнес-процессов, что может указывать на нехватку финансовых ресурсов или недостаточное понимание важности данной области для компании.

Основные мотивы компаний для улучшения бизнес-процессов, согласно опросу, включают в себя:

1. Экономия денег: Компании стремятся сэкономить средства и сократить затраты через улучшение бизнес-процессов. Это может включать в себя

оптимизацию операций, уменьшение издержек и повышение эффективности, что приводит к снижению расходов.

2. Повышение производительности: Улучшение бизнес-процессов помогает компаниям увеличить производительность, что может привести к росту объемов продаж и доходов.

Ранее представленные данные и результаты исследования также указывают на то, что компании осознают важность управления и улучшения бизнес-процессов для выживания на рынке и достижения конкурентных преимуществ.

Бизнес-процессы играют ключевую роль в управлении компаниями, а цель управления заключается в достижении целей, утвержденных высшим руководством. Учитывая постоянные изменения как внутри, так и вне компании, важно рассматривать её как живой организм, который постоянно эволюционирует.

Для эффективного управления этими изменениями и согласования бизнес-процессов с новыми ситуациями необходим систематический подход к улучшению управления бизнес-процессами (BPM). Управление бизнес-процессами становится все более важным, и эту тенденцию, возможно, признают в учебных заведениях.

Однако внедрение BPM и повышение эффективности требуют компетентных экспертов, поддержки руководства и финансовых ресурсов. Дополнительные исследования, сосредоточенные на отслеживании тенденций внедрения BPM в отечественных компаниях, могут быть важны для понимания ситуации.

Исходя из результатов исследования, можно заключить, что отечественные компании имеют множество возможностей для повышения эффективности и эффективности своей деятельности. Теперь вопрос заключается в том, будут ли менеджеры компаний осознавать эти возможности, изложенные в документе, и будут ли они разрабатывать стратегии для создания системного подхода к управлению и улучшению бизнес-процессов.

Список литературы

1. Arsanjani A., Bharade N., Borgenstrand M., Schume P., Wood K.J., Zheltonogov V. (2019). Business Process Management Design Guide: Using IBM Business Process Manager. RedBooks, USA.

2. Шестопал Ю.Т., Дорофеев В.Д., Шестопал Н.Ю., Андреева Э.А. Управление качеством: Учебн. Пособие, М: ИНФРА-М, –2017. – 347 с

3. Batenburg R., Ravesteyn P., (2010). Surveying the critical success factors of BPM-systems implementation, Emerald Group Publishing, Netherlands.

4. Статья Business Process Management System – Управление бизнес-процессами (рынок России), Результаты 2021 года [Online]. https://www.tAdvisor.ru/index.php/BPM

5. Capgemini (2012). Global Business Process Management Report. [Online]. Available from: https://www.capgemini.com/wp-content/ uploads/2017/07/Global_Business_Process_ Management_Report.pdf [Accessed: 20/ 01/ 2018]

Румянцева Н.В.
к.т.н., начальник отдела совершенствования СМК
АО «ОДК»
Россия, Москва
n.rumyantseva@uecrus.com
Бардинова С.Н.
к.т.н., начальник отдела
РГАТУ имени П.А. Соловьева
Россия, Рыбинск
ias@rsatu.ru

ПОДГОТОВКА ПЕРСОНАЛА ОРГАНИЗАЦИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Аннотация. Рассмотрены задачи по подготовке персонала в организациях АО «ОДК» через обучение компетенциям в области качества и подготовке инженеров нового поколения в интересах ключевых направлений корпорации.

Ключевые слова: качество, 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, Head of Department
Soloviev Rybinsk State Aviation Technical University
Russia, Rybinsk
ias@rsatu.ru

ORGANIZATION'S PERSONNEL TRAINING TO ENSURE PRODUCT QUALITY

Abstract. The tasks of personnel training in the organizations of UEC JSC through training in quality competencies and training of new generation Engineers in the interests of the key areas of the holding are considered.

Keywords: quality, personnel training, personnel competencies in the field of quality.

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 обя-

зательств 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, обеспечение прибыльности деятельности и повышение конкурентоспособности предприятий. Конкурентоспособная продукция должна соответствовать высокому уровню качества. Качество продукции – это один из главных показателей деятельности предприятия и средство удержания позиций на мировом рынке. 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. На предприятиях АО «ОДК» одной из основных задач является обеспечение качества продукции и для этого применяется системный подход, 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 обеспечения технологического суверенитета нашей страны и реализации планов нужны не только материальные ресурсы, но и компетентные инженерные кадры, к которым российский бизнес в последние годы предъявляет особые требования. Для промышленности нужен персонал, который в комплексе знает весь цикл разработки и постановки на производство продукции и программных продуктов.

В ближайшие годы перед авиационной промышленностью стоят масштабные задачи: увеличение выпуска в рамках гособоронзаказа и выход на серийное производство гражданских самолетов. В связи с этим возникает проблема дефицита кадров, с которой столкнулись практически все промышленные предприятия ОДК. Для обеспечения роста объемов производства и выпуска продукции требуемого качества предприятиям АО «ОДК» к 2030 году потребуется нарастить численность производственных рабочих почти на тридцать процентов. Кроме того, актуальным остается вопрос подготовки инженерно-технических кадров. Министерство науки принимает определенные меры, нацеленные на подготовку специалистов, способных решать нетривиальные задачи.

В рамках выполнения стратегических задач по улучшению процессов создания продукции и повышению качества двигателей Государственная корпорация «Ростех» совместно с АО «ОДК» этом году запустила образовательно-профессиональный трек «Ростех-Качество», цель которого – подго-

товить востребованных специалистов по качеству и закрыть кадровые потребности российского авиапрома и машиностроения. Проект стартует в г. Пермь, базовым ВУЗом выбран Пермский национальный исследовательский политехнический университет. Учитывая, что инженерные кадры нужны предприятиям ОДК, расположенным в г. Пермь, уже в настоящее время, было принято решение, что инженеров по качеству будем готовить в магистратуре по программе «Организационно-технологическое обеспечение качества продукции и услуг», разработанной в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 27.04.02 «Управление качеством», из бакалавров, прошедших обучение по направлению профессиональной деятельности «Двигателестроение» и «Машиностроение». Участниками проекта будут студенты, набравшие наибольшую сумму всех критериев, вошедших в интегральный показатель, разработанный работодателями, учитывающий уровень знаний, полученных за выпускную квалификационную работу бакалавра, средний балл по диплому, победы в олимпиадах и международных конференциях, а также наличие родственников, работающих на предприятиях ОДК и др. Учебные программы в ближайшее время обновятся с учетом требований работодателей, подготовка в вузе будет носит практикоориентированный характер. Студенты смогут освоить профессию инженера по качеству авиационных двигателей, энергетических установок и машиностроительных производств. Молодые люди будут трудоустроены на предприятия и смогут получать заработную плату за выполнение задач, поставленных кураторами.

Таким образом, будущие работники наших предприятий будут не только знать конструкцию и технологии изготовления деталей и сборочных единиц газотурбинных двигателей, но и разработку, исследование, внедрение и сопровождение в организациях систем управления качеством, охватывающих все процессы организации. В дальнейшем они смогут вовлекать в деятельность по непрерывному улучшению качества всех сотрудников организации, добиваться долговременного успеха и стабильности функционирования организации.

Неотъемлемая часть стратегии корпорации АО «ОДК» и необходимое условие для обеспечения требуемого качества продукции, повышения эффективности производства и, как следствие, увеличение финансовой прибыли предприятий является обучение работников. Одним из приоритетных направлений является вовлечение всех работников в процесс улучшения СМК за счет развития корпоративной культуры, повышения компетентности, регулярного обучения и обмена опытом.

Персонал, выполняющий работу, влияющую на соответствие продукции установленным требованиям, должен быть компетентным в области качества. В АО «ОДК» разработан нормативный документ, определяющий требования по управлению компетенциями персонала в области качества, которые дополняют квалификационные требования к занимаемой должности и должностной инструкции работника.

На основании требований к компетенциям персонала в области качества составлены двадцать четыре программы обучения по самым важным и востребованным темам, а также обучающие материалы, которые демонстрируются в виде презентаций. Введено в промышленную эксплуатацию программное обеспечение «Точка», которое позволяет параллельно очному обучению проводить обучение и тестирование персонала дистанционно. Работники общества, ответственные за обеспечение качества продукции, один раз в четыре года обязаны пройти обучение и подтвердить знания, пройдя тестирование. Программы обучения охватывают все направления деятельности предприятия, связанные с изготовлением и испытаниями авиационных двигателей и разработаны в соответствии с требованиями государственных стандартов ГОСТ Р ИСО 9001 и ГОСТ РВ 0015-002, кроме того учтены требования других стандартов по рассматриваемым темам. Это вопросы по обеспечению качества продукции в производстве; по управлению несоответствующей продукцией (брак, рекламации), производственной средой, качеством поставок материалов и покупных комплектующих изделий, специальными и особо ответственными технологическими процессами, внешней и внутренней нормативной документацией. Работники получают информацию по сертификации/одобрению и лицензированию производства; как осуществляется приемка и выпуск продукции службой качества и подтверждение соответствия изделия типовой конструкции; какие существуют и как работают советы по качеству цеха и предприятия в целом, относящиеся к организационным формам управления качеством; что такое аудиторская проверка, кем и с какой целью она проводится; для чего проводится аттестация персонала; как организовать и реализовать проекты по улучшениям в области качества для исключения проблем, связанных с качеством продукции или несоответствиями функционирования системы менеджмента качества (далее – СМК); что такое продукция под подозрением, как определить подделку или контрафакт и какие действия необходимо предпринять при выявлении продукции под подозрением. При обучении освещаются вопросы по анализу СМК руководством компании и оценка возможностей улучшений по совершенствованию СМК, процессов и продукции; применение процессного подхода при разработке СМК и проблемы (несоответствия), выявляемые в процессе аудита применения процессного подхода в документах СМК для того, чтобы избежать ошибок в будущем. Особое внимание уделяется методологии «Человеческий фактор», внимание слушателей акцентируется на причинах авиационных инцидентов, человеческих возможностях и ограничениях, на социальной психологии, культуре безопасности, ошибках человека и культуре справедливости. Дочерние общества для своих работников дополняют презентационные материалы по компетенциям примерами из производственной практики, которые составляют более половины всей информации по теме. Обучающие материалы систематически обновляются, актуализируется и дополняются новыми примерами из производственной практики.

Высококачественную продукцию выпускают стабильно те предприятия, которые комплексно решают вопросы по обеспечению качества. Системная работа по подготовке и обучению персонала позволяет свести к минимуму риски изготовления продукции с отклонениями от требований нормативной документации и сократить издержки на неудовлетворительное качество продукции.

Список литературы

1. Горелик О.М. «Производственный менеджмент: принятие и реализация управленческих решений»: учебное пособие, – Москва: КНОРУС, 2010. -270 с.

2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования».

3. ГОСТ РВ 0015-002-2020 «Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Система менеджмента качества».

Бушева А.Г.
аспирант
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Россия, Москва
zub97@mail.ru
Научный руководитель: ***Феофанов А.Н.***
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Россия, Москва
feofanov.fan1@yandex.ru

ФОРМУЛИРОВКА СПИСКА ЗАДАЧ, ДЛЯ РЕШЕНИЯ КОТОРЫХ ПРИВЛЕКАЮТСЯ ЭКСПЕРТЫ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Аннотация. В данной статье рассмотрена проблема формулировки задач, для которых привлекаются эксперты на машиностроительных предприятиях. Это необходимо для разработки независимой автоматизированной системы по подбору специалистов в состав экспертных групп для машиностроительных предприятий.

Представлен анализ литературы, посвященной данной проблематике, а также рассмотрены основные проблемы, возникающие при работе экспертной группы. Описаны способы получения информации о кандидатах в экспертную группу и определены критерии оценки кандидатов.

На основе ГОСТ Р 53791 – 2023 «Ресурсосбережение. Стадии жизненного цикла изделий производственно-технического назначения» описаны 7 этапов жизненного цикла изделия. На основе этого сформулированы задачи, для которых может привлекаться эксперт на машиностроительные предприятия. Помимо этого, даны подробные описания списка задач, включающие в себя конкретные пункты.

Ключевые слова: автоматизация, эксперты, подбор экспертов, автоматизированная система.

Busheva A.G.
Postgraduate Student
MSUT «STANKIN»
Russia, Moscow
zub97@mail.ru
Scientific Advisor: ***Feofanov A.N.***
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department
MSUT «STANKIN»
Russia, Moscow
feofanov.fan1@yandex.ru

FORMULATION OF A LIST OF TASKS FOR WHICH EXPERTS ARE ENGAGED AT MACHINE-BUILDING ENTERPRISES

Abstract. This article considers the problem of formulating the tasks for which experts are engaged at machine-building enterprises. This is necessary for the development of an independent automated system for the selection of specialists in expert groups for machine-building enterprises.

The analysis of literature devoted to this problematic is presented, and the main problems arising in the work of the expert group are considered. The methods of obtaining information about the Candidates to the expert group are described and the criteria for evaluating the Candidates are defined.

On the basis of GOST R 53791 – 2023 "Resource Saving. Life cycle stages of production and technical products" 7 stages of the product life cycle are described. Based on this, the tasks for which an expert can be involved in machine-building enterprises are formulated. In addition, detailed descriptions of the list of tasks including specific items are given.

Keywords: automation, experts, expert selection, automated system.

Информационные продукты, обеспечивающие автоматизацию, должны становиться доступнее, а их применение должно приобретать повсеместный характер [1]. Почти все предприятия пользуются услугами экспертов, для решения различных задач, следовательно, создание технологии автоматического подбора специалистов поможет облегчить эту задачу.

Для разработки автоматизированной системы по подбору экспертов на машиностроительных предприятиях необходимо сформулировать список задач, для которых чаще всего привлекаются эксперты на машиностроительных предприятиях.

На тему проблемы подбора экспертов для принятия управленческих решений было написано множество трудов российских авторов: Р.М. Хвастунов, А.Н. Феофанов, В.М. Корнеева, Е.Г. Нахапетян, Ю.Ф. Мартемьянов, Т.Я. Лазарева, А.И. Орлов, Б.Г. Литвак, А. Н. Блинова и А. В. Клименко [2].

Анализ работ данных авторов выявил основные проблемы, возникающие при работе экспертной группы:

1Не все участники группы принимают активное участие в работе (человеческий фактор) [3].

2Некомпетентность экспертов – отсутствие навыков и знаний для работы с данной предметной областью [3].

3Неточная формулировка задачи достаточно часто приводит к недостаточной информированности эксперта [4].

4Построение процесса экспертизы [3].

5Заинтересованность эксперта или группы экспертов в определенном решении для достижения личной выгоды [3].

6Необоснованно многочисленное количество участников экспертной группы [3].

Для успешной работы экспертной группы необходимо минимизировать возникновения данных проблем, еще на этапе подбора экспертов и постановки задачи [3].

Кандидатами в состав экспертной группы могут быть совершенно разные люди (ученые, научные сотрудники, работники предприятия, студенты и т.д.), но все-таки эксперт – это человек, который знает и понимает предмет экспертизы досконально, а не только поверхностно. В связи с этим предлагается подбирать кандидатов из списка учёных и других научных сотрудников, потому что именно эта категория кандидатов имеет большой пласт теоретических познаний для решения задачи [2].

Существует несколько способов, чтобы получить данные о кандидатах:

1анкетирование кандидата;

2интервьюирование кандидата;

3получение информации о кандидате из отдела кадров;

4получение информации о кандидате из электронных ресурсов (научные библиотеки).

Получение информации о кандидате из электронных ресурсов – это наиболее надежный метод. Вся информация, содержащаяся в научных библиотеках, имеет высокий уровень достоверности. Тем более многие электронные библиотеки такие, как Elibrary.ru © постоянно поддерживают актуальность информации. Данный информационный ресурс предоставляет полную информацию об авторах:

- ФИО;
- образование;
- число публикаций на elibrary.ru ©;
- индекс Хирша;
- год первой публикации;
- число соавторов;
- дата начала работы;
- дата окончания работы:
- годы публикационной активности. [5]

В рамках договора Science Index Elibrary.ru © делает доступными сервисы для получения показателей публикационной активности авторов, что значительно упрощает сбор информации, а также позволяет поддерживать

актуальность данных [5]. При заполнении профиля кандидата пользователь может использовать информацию из Elibrary.ru ©.

Elibrary.ru © – это российская электронная библиотека, которая содержит научные публикации, статьи, книги, диссертации, авторефераты и другие материалы. Она была создана в 1998 году и является одной из крупнейших электронных библиотек в России.

Все авторы библиотеки принадлежат к конкретным рубрикам, основная рубрика, интересующая нас – машиностроение, т.к. реализуемое программное обеспечение осуществляет отбор экспертов для работы именно в этой области [5].

Для корректной работы автоматизированной системы были отобраны значимые критерии, по которым будет происходить непосредственная оценка уровня соответствия кандидата для решения конкретной задачи:

1 Количество публикаций на elibrary.ru ©.
2 Индекс Хирша.
3 Число соавторов.
4 Опыт работы.
5 Годы публикационный активности.

Критерии «ФИО» и «Образование» являются информативными критериями и не влияют на результат расчета.

Предлагается для каждого кандидата сформировать профиль эксперта, который будет включать в себя следующую информацию:

1 ФИО.
2 Количество публикаций на Elibrary.ru ©.
3 Индекс Хирша
4 Стаж работы.
5 Число соавторов.
6 Годы публикационной активности.
7 Образование.

Эксперты могут привлекаться предприятием для решения совершенно разных задач. От конкретных целей зависит не только стоимость, время, но и требования, которыми должен обладать эксперт [6].

Для создания автоматизированной системы по подбору экспертов необходимо определить значимость каждого критерия. Для каждого критерия необходимо подобрать свой коэффициент, который демонстрирует значимость фактора. Критерий – это объективный показатель выраженности оцениваемого параметра, который выделяются путем анализа представленного результата [7]. Коэффициент подобного рода можно получить только эмпирическим путем т.к. не существует доказанных методов, для решения данной задачи [6].

Необходимо провести опрос среди руководителей машиностроительных предприятий (а также предприятий смежных областей), чтобы выяс-

нить на какие факторы они будут обращать внимание при выборе специалиста и собрать данные о значимости того или иного критерия при решении конкретной задачи [6].

Ю.А. Петрова, Е.Б. Спиридонова рассматривают критерии оценки персонала как «совокупность пороговых значений, за которыми состояние показателей будет удовлетворять или не удовлетворять установленным (запланированным, нормированным) требованиям» [8].

Современные критерии отбора персонала (эксперта, т.к. он тоже является сотрудником несмотря на то, что часто привлекается только для решения конкретной задачи или выполнения проекта):

1 Уровень образования и профессионализма.
2 Наличие опыта работы в определенной сфере.
3 Наличие деловых качеств.
4 Физические и психологические особенности личности.
5 Мотивация и заинтересованность в области развития [9].

Согласно ГОСТ Р 53791 – 2023 «Ресурсосбережение. Стадии жизненного цикла изделий производственно-технического назначения» существуют 7 этапов жизненного цикла изделия:

– обоснование разработки – необходимо понять, для чего создается изделие, какие функции оно должно выполнять и какие задачи решать;

– разработка технического задания – это документ, который определяет требования к разрабатываемому изделию. Он включает в себя описание функций, характеристик, дизайна, технологий производства и других параметров. ТЗ составляется на основе анализа потребностей рынка, конкурентов и требований заказчика. В процессе разработки технического задания участвуют инженеры, дизайнеры, технологи и другие специалисты. ТЗ является основой для проектирования, производства и тестирования изделия;

– проведение опытно-конструкторских работ (ОКР) – проводятся для создания нового или усовершенствования существующего изделия. Они включают в себя разработку концепции, проектирование, изготовление опытных образцов, их тестирование и отладку. ОКР могут проводиться как внутри компании, так и с привлечением сторонних организаций;

– производство и испытания – в зависимости от типа производства и изделия, проводят те или иные испытания над ним перед тем, как запустить полноценное производство;

– модернизация – это процесс улучшения его характеристик и функций. Она может включать в себя изменение дизайна, добавление новых возможностей, улучшение производительности, снижение веса и т.д. Модернизация может проводиться как на этапе проектирования, так и после начала производства;

– использование (эксплуатация) – это его использование по назначению, обслуживание, ремонт и утилизация;

– обращение с отходами включает в себя их сбор, транспортировку, обработку, утилизацию и размещение на полигонах. Необходимо соблюдать экологические требования и нормы, чтобы избежать загрязнения окружающей среды. [10].

На основании анализа этапов жизненного цикла, были выявлены задачи, для решения которых чаще всего привлекаются эксперты.

1Решение задач, связанных с подготовкой документации для предприятия – это разработка.

Машиностроительное предприятие занимается разработкой, проектированием, производством, продажей и обслуживанием машин, оборудования и других технических изделий. В процессе работы предприятия готовятся следующие документы:

– конструкторская документация – чертежи, схемы, технические условия и описания, которые определяют конструкцию изделия;

– технологическая документация – инструкции, карты, регламенты, описывающие процесс производства, сборки, проверки, контроля и испытаний;

– производственные планы и графики: планы выпуска продукции, планы загрузки оборудования, графики выполнения работ.

2Решение задач, связанных с оптимизацией производственных процессов.

Для оптимизации процессов на машиностроительном предприятии используются различные методы и подходы, включая нижеперечисленные пункты.

– Анализ и оценка производственных процессов: идентификацию и определение основных производственных операций, оценку их эффективности и определение возможностей для улучшения.

– Использование современных технологий и инноваций: внедрение автоматизированных систем управления производством, использование аддитивных технологий, роботизированных комплексов и других инноваций для повышения производительности и снижения затрат.

– Внедрение принципов бережливого производства: организация рабочих мест таким образом, чтобы минимизировать потери времени и ресурсов, повысить эффективность и качество работы.

3Решение задач, связанных с разработкой технологий.

При разработке новых технологий на машиностроительном предприятии решают следующие задачи:

– Определение требований к новой технологии и ее ожидаемых характеристик (производительность, точность, экономичность, экологичность и т.д.).

– Анализ существующих технологий и выбор наиболее подходящей для решения поставленной задачи.

– Разработка и проектирование новой технологии, включая выбор оборудования, материалов, методов обработки и контроля качества.

– Тестирование и испытание новой технологии на опытных образцах или прототипах.

4Решение задач, связанных с подбором персонала.

Специалист, который занимается подбором персонала на машиностроительном предприятии обычно решает следующие задачи:

– определяет требования к кандидатам на вакантные должности (образование, опыт работы, навыки, компетенции и т. д.);

– размещает объявления о вакансиях и проводит отбора резюме кандидатов;

– организует и проводит собеседования с кандидатами, оценивает их профессиональные и личностные качества;

– принимает решения о найме кандидатов на работу и оформляет трудовые отношения.

5Решение других задач в области машиностроения.

Эти задачи смогут определяются пользователем самостоятельно.

Сформулированный список задач, для которых могут привлекаться эксперты на машиностроительных предприятиях, будет использован для составления анкеты для опроса. Результаты опроса руководителей различного уровня в области машиностроения позволит выявить значимость критериев оценки кандидатов относительно задач, для которых они привлекаются.

Список литературы

1. Бушева, А. Г. История развития квалиметрического анализа / А. Г. Бушева, А. Н. Феофанов // Механика и машиностроение. Наука и практика: Мате-риалы международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 09 декабря 2022 года. Том 5. – Санкт-Петербург: Индивидуальный предприниматель Жукова Елена Валерьевна, 2022. – С. 6-9.

2. Феофанов, А. Н. Основы формирования способа отбора специалистов в состав экспертных групп / А. Н. Феофанов, А. Г. Бушева. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью Издательство «Янус-К», 2022. – 82 с.

3. Сидельников, Ю. В. Формирование понятийно-терминологического аппарата экспертологии. / Ю. В. Сидельников // Проблемы управления. – 2017. – С. 18-30.

4. Хвастунов, Р. М. Квалиметрия в машиностроении. Серия: Учебник для вузов. / Р. М. Хвастунов, А. Н. Феофанов, В. М. Корнеева, Е. Г. Нахапетян. – М.: Экзамен, 2009. – 288 с.

5. Бушева, А. Г. Решение задачи отбора экспертов с помощью критерия Парето на основе реальных данных / А. Г. Бушева, А. Н. Феофанов // Машино-строение: традиции и инновации (МТИ – 2021): Материалы XIV всероссийской конференции с международным участием, Москва, 25 октября – 20 2021 года. – Москва: Московский государственный технологический университет "СТАНКИН", 2021. – С. 87-93.

6. Бушева, А. Г. Результаты опроса специалистов для выявления значимости критериев оценки экспертов в области машиностроения / А. Г. Бушева, А. Н. Феофанов // Фундаментальные основы механики. – 2022. – № 9. – С. 90-92.

7. Бойцов Б. В. Архитектура аналитической системы оценки образовательных программ групп / Б. В. Бойцов, Г. С. Жетесова, М. К. Ибатов // Качество и жизнь. – 2018. – № 2. – С. 24-28.

8. Петрова, Ю.А. 10 критериев оценки персонала. / Ю. А. Петрова, Е. Б. Спиридонова. – М.: Феникс, 2012. – С. 51–53.

9. Гогина, Е. А. Ключевые принципы и критерии отбора персонала / Е. А. Гогина // Управление человеческими ресурсами: теория, практика и перспективы: Материалы международной молодежной научно-практической конференции, Белгород, 20–21 апреля 2019 года / отв. ред. В.Ш. Гузаиров, И.В. Савенкова. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. – С. 201-204.

10. Ресурсосбережение. Стадии жизненного цикла изделий производственно-технического назначения. / ГОСТ Р 53791 – 2023. – М.: Российский институт стандартизации, 2003. – 8 с.

Привалов А.В.
руководитель направления
АО «Национальный центр вертолётостроения им. М.Л. Миля и Н.А. Камова»
Россия, Москва
Privalov86@mail.ru

ЦИФРОВАЯ МАРКИРОВКА АВИАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИМУЩЕСТВА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА

Аннотация. В данной статье предложена методика прослеживания жизненного цикла авиационно-технического имущества в области авиастроения при использовании методики цифровой маркировки и формирования соответствующей базы данных, которая позволяет в режиме реального времени прослеживать каждое авиационно-техническое имущество от момента его производства до завершения назначенного срока службы или отказа. Этот подход позволит разработчикам авиационно-технического имущества более оперативно отслеживать отказы и принимать соответствующие меры по их недопущению.

Ключевые слова: цифровая маркировка, жизненный цикл авиационно-технического имущества.

Privalov A.V.
Head of Department
JSC National Helicopter Manufacturing Center named after. M.L. Mil a
nd N.A. Kamova
Russia Moscow
Privalov86@mail.ru

DIGITAL MARKING OF AVIATION EQUIPMENT AS A QUALITY IMPROVEMENT TOOL

Abstract. This article proposes a methodology for tracking the life cycle of aviation equipment in the field of aircraft construction using digital marking techniques and the formation of an

appropriate database that allows real-time tracking of each aviation equipment from the moment of its production until the end of its designated service life or failure. This approach will allow developers of aviation equipment to more quickly monitor failures and take appropriate measures to prevent them.

Keywords: digital marking, life cycle of aviation equipment.

В настоящее время вопрос прослеживаемости авиационно-технического имущества, установленного на воздушные суда, является одним из наиболее значимых в сфере обеспечения поддержания лётной годности и также в области качества в гражданской авиации. Необходимо отметить, что практически каждый агрегат ВС обладает формуляром, паспортом или этикеткой содержащие основную информацию по данному агрегату воздушного судна. На основании данных документов возможно создать общую базу данных, но учитывая, что эти документы является бумажными носителями информации, а актуализации информации необходима практически еженедельная, то содержание единой базы не представляется возможным. Решением этой проблемы должна послужить цифровая маркировка и создание соответствующего программного обеспечения, которое бы позволило в электронном формате актуализировать всю необходимую информацию каждого агрегата ВС практически в реальном времени и сформировать единую базу данных авиационно-технического имущества.

Методы и подходы к формированию единой базы данных авиационно-технического имущества в области гражданской авиации

Для формирования подхода для создания единой базы авиационно-технического имущества был использован метод цифровой маркировки, который в настоящее время все больше и больше применяется в других отраслях промышленности.

Единая база позволит с заданной периодичностью отслеживать изменение ресурса, срока службы, количества ремонтов авиационно-технического имущества, что позволит оперативно отслеживать в автоматическом режиме остаточные ресурсы и сроки службы как основного изделия так и входящих комплектующих, существенно затруднит эксплуатацию изделий с просроченными ресурсами, сроками службы и хранения.

При изучении вопроса возможности применения цифровой маркировки для авиационно-технического имущества был проведён анализ действующих в настоящее время на территории Российской Федерации законодательств и требований в данном направлении, что позволило определить нормативную базу и технические инструменты для реализации данного подхода.

При рассмотрении современных требований и подходов к маркировке авиационно-технического имущества в авиационной отрасли можно руководствоваться ниже следующими критериями:

- авиационно-технического имущества устанавливаемое на летательный аппарат должно иметь маркировку, обозначающую индекс и заводской номер;
- маркировка должна быть нанесена на несъёмных частях авиационно-технического имущества в местах, доступных для обзора;
- маркировка должна быть устойчивой в течении всего срока службы, механически прочной и не должна смываться жидкостями, используемыми при эксплуатации;
- состав и место маркировки авиационно-технического имущества должны быть указаны в конструкторской документации.

В части реализуемую продукция на территории Российской Федерации разделяется на 2 категории – продукция, подлежащая обязательной маркировке и не подлежащая таковой. Авиационно-техническое имущество относится к категории продукции, не подлежащей к обязательной маркировке в настоящий момент времени.

Направление по осуществлению обязательной цифровой маркировки курируется компания «Честный знак», которая по сути является монополистом в этом направлении.

Каждая категория продукции проходит 3 стадии:

1. Эксперимент или пилотный проект. На данной стадии для производителей и импортёров есть возможность принять участие в данном пилотном проекте, однако участие является добровольным. Участие позволяет подготовить производство к дальнейшему применению цифровой маркировке на предприятии. Одним из направлений в данной период времени может быть подготовка или закупка необходимого оборудование и подготовка кодов для их применения на продукции.
2. Вторым этапом является обязательная регистрация в системе «Честный Знак». На этом этапе происходит настройка товароучётной системы, маркировка уже готовой продукции и начало маркировки новые партии товара.
3. Заключительный этапом является запрет немаркированной продукции. С этого момента реализация продукции не обладающей маркировки запрещено. Необходимо отметить, что за реализацию продукции предусмотрены штрафы.

На основании изложенного можно сделать вывод, что в настоящее время на территории Российской Федерации производится активное формирование нормативной базы и процедур реализации подходов по применению цифровой маркировки для большого спектра продукции, как производимой на территории Российской Федерации, так и импортируемой на ее территорию.

В рамках гражданской авиации основными документами, которые руководствуются разработчики гражданской авиационной техники является Нормы лётной годности летательных аппаратов, разрабатываемые Мини-

стерством Транспорта Российской Федерации, соблюдение которого регламентируется уполномоченным органом по сертификации на территории Российской Федерации – федеральным агентством воздушного транспорта (ФАВТ), а также государственные стандарты (далее – ГОСТ). Основными разработчиками ГОСТ в области гражданской авиации является Союзом авиапроизводителей России совместно с Федеральным государственным унитарным предприятием «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (ФГУП «ГосНИИАС).

Для формирования подходов по реализации цифровой маркировки в авиации был сформирован перечень авиационных правил и ГОСТов, которые обеспечивают возможность применения цифровой маркировки:

- ГОСТ Р 59002-2020 Идентификация и прослеживаемость изделий авиационной техники
- ГОСТ Р 59003-2020 символы штрихового кода на изделиях авиационной техники
- ГОСТ Р 57302-2016 Прямое маркирование изделий. Требования к качеству символов Data Matrix, полученных интрузивным маркированием
- Федеральные авиационные правила, Часть 21 «Сертификация авиационной техники, разработчиков и изготовителей»

Определение материалов, из которых изготовлено авиационно-техническое имущество и типовых агрегатов и компонентов, на которые планируется нанесение цифровой маркировки.

Для определения методов нанесения цифровой маркировки был проведён анализ основных материалов, из которых изготовлено авиационно-техническое имущество и типовых агрегатов и компонентов.

Одним из наиболее распатроненных материалов, используемыми в разработке гражданской авиационной техники являются деформируемые алюминиевые сплавы. Другим видом материалов, который также активно используется при конструировании системы трансмиссии для гражданских воздушных судов являются литейные магниевые сплавы. При этом безусловно самых высокотехнологичных и одновременно высокостоящим материалом являются титановые сплавы.

К самым современным и перспективным направлением в материалах, которые все больше и больше применяются в авиационном строении можно отнести композитные материалы, однако данные материалы не получили столь широкое распространение в авиационной отрасли по причине сложной ремонтопригодности и стоимостных показателей.

Проведя анализ основных материалов и их сплавов, в разрезе их применения при создании гражданской авиационной техники, ее систем и авиационно-технического имущества можно сделать вывод, что вышеперечисленные сплавы и материалы в большинстве своём позволяют нанесения необходимой цифровой маркировки с применением существующих в настоящее время способов.

Определение существующих методов нанесение цифровой маркировки на авиационно-техническое имущество

В настоящее время выделяется основные методы нанесения цифровой марки на поверхности, которые могут соответствовать действующим нормам и требованиям в области гражданской авиации, приведённые ниже:

- глоударное нанесение;
- лазерная маркировка;
- лаплестуйная печать;
- термостойкая плёнка;
- микромаркировка;
- радиочастотная метка.

Все вышеперечисленные виды нанесения маркировки могут быть использованы для нанесения цифровой маркировки на поверхности авиационно-технического имущество. Однако принимая во внимание, что каждый из вышеперечисленных методов требует закупки соответствующего оборудования и программного обеспечения, обучения штата специалистов под конкретные типы оборудования и методы нанесения, что в значительное мере может привести к удорожание производства авиационно-технического имущества, особенно для мелкосерийных компонентов, то представляется целесообразным выделение нескольких наиболее оптимальных методов нанесения цифровой маркировки для авиационно-технического имущества. С этой целью были изучены основные аспекты и особенности нанесения маркировки вышеуказанных методов.

На основании проведённого анализа был выбран оптимальный путь внедрения цифровой маркировки на производстве.

На первом этапе целесообразно применение метода нанесения термостойкой плёнки с последующим нанесением лакированного покрытия для обеспечения требований по ФАП-21 он необходимости каждой маркировки к стойкости, искажения. Выбор данного метода нанесения маркировки обусловлен тем фактором, что он является наиболее менее затратным при организации цифровой маркировки. Параллельно данному процессу внедрения маркировки на предприятиях-разработчиках и предприятиях-изготовителях авиационно-технического имущества должен быть организован процесс создания единой базы данных для ее дальнейшей интеграции в авиационной отрасли.

Также был проведён анализ наиболее оптимального вида цифровой маркировки. Наиболее оптимальным методом, отвечающим всем необходимым требованиям в области гражданской авиации, а так для его дальнейшей интеграции в единую базу данных является метод Data Matrix.

DataMatrix – двумерный матричный штрихкод, представляющий собой чёрно-белые элементы или элементы нескольких различных степеней ярко-

сти, обычно в форме квадрата, размещённые в прямоугольной или квадратной группе. Матричный штрихкод предназначен для кодирования текста или данных других типов.

На втором этапе процесса внедрения маркировки на предприятиях-разработчиках и предприятиях-изготовителях авиационно-технического имущества оптимальным решением является переход на прямую лазерную маркировку авиационно-технического имущества. Этот метод является наиболее совершенным методом маркировки, однако для его внедрения на прямой маркировки на поверхность особо ответственных деталей или компонентов воздушного судна необходимы проведения соответствующих испытаний, подтверждающих отсутствия влияний лазерной маркировки на прочностные показатели данных агрегатов или компонентов.

На третьем этапе необходимо проведения исследование влияния лазерной маркировки на различных материалах, в том числе композитных и полученных аддитивными технологиями. Отработка режимов лазерной маркировки для обеспечения контрастного изображения и улучшения считывания кода.

Вышеперечисленные этапы внедрения цифровой маркировки на предприятиях-разработчиках и предприятиях-изготовителях авиационно-технического имущества позволят создать единую базу авиационно-технического имущества на территории Российской Федерации и повысить поддержания лётной годности, создать дополнительный метод защиты эксплуатантов воздушных судов от контрафактного и не аутентичного авиационно-технического имущества и как итог повысить область качества на каждом из этапов его жизненного цикла.

Список литературы

1. ГОСТ Р 59002-2020 «Идентификация и прослеживаемость изделий авиационной техники»;
2. ГОСТ Р 59003-2020 «Символы штрихового кода на изделиях авиационной техники»;
3. ГОСТ Р 57302-2016 «Прямое маркирование изделий. Требования к качеству символов Data Matrix, полученных интрузивным маркированием»;
4. Федеральные авиационные правила, Часть 21 «Сертификация авиационной техники, разработчиков и изготовителей».

Привалов А.В.
руководитель направления
АО «Национальный центр вертолётостроения им. М.Л. Миля и Н.А. Камова»
Россия, Москва
Privalov86@mail.ru

МЕТОДИКА РАСЧЁТА СТРАХОВОЙ СТОИМОСТИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ И ОСНОВНЫХ АГРЕГАТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ИСХОДЯ ИЗ ПОДХОДА ДЕКОМПОЗИЦИИ ОСНОВНЫХ СИСТЕМ И АГРЕГАТОВ

Аннотация. В данной статье предложена методика расчёта страховой стоимости воздушных судов и основных агрегатов воздушных судов исходя из подхода декомпозиции основных систем и агрегатов. В настоящее время страховая стоимость воздушного судна складывается из стоимости основных систем воздушного суда, однако не учитывает декомпозицию по ее системам, что не позволяет точно оценить стоимость всего воздушного судна и соответственно искажает стоимость страхования воздушного судна.

Ключевые слова: страхование воздушных судов, страховая стоимость воздушного судна.

Privalov A.V.
Head of Department
JSC National Helicopter Manufacturing Center
named after M.L. Mil and N.A. Kamova
Russia Moscow
Privalov86@mail.ru

METHODOLOGY FOR CALCULATING THE INSURANCE VALUE OF AIRCRAFT AND MAIN AIRCRAFT UNITS BASED ON THE APPROACH OF DECOMPOSITION OF MAIN SYSTEMS AND UNITS

Abstract. This article proposes a method for calculating the insurance value of aircraft and the main units of aircraft based on the decomposition approach of the main systems and units. Currently, the insurance cost of an aircraft consists of the cost of the main aircraft systems, but does not take into account the decomposition of its systems, which does not allow for an accurate assessment of the cost of the entire aircraft and, accordingly, distorts the cost of aircraft insurance.

Keywords. aircraft insurance, the insured value of the aircraft.

В сфере страховой деятельности как на территории Российкой Федерации, так и во всем мире одним из ключевых факторов на основании которого осуществляется стоимость страхования, является точное определение страховой стоимости страхуемого имущества. Во многих областях, таких как автотранспорт, выполнение быстрых и точных расчетов остаточной стоимости страхуемого имущества не представлет проблем, так как для расчета страхуемого имущества вся необходимая информация доступна в базах данных. Однако в авиации, где практически каждый агрегат воздушного судна (далее

– ВС) обладает высокой стоимостью в особенности силовая установка ВС, трансмиссия, бортовые приборы, вспомогательная силовая установка необходимость наличия базы данных с декомпозицией систем воздушного судна становится ключевым факторм при расчете стоимости страхования. Безусловно общие базы данных ВС существуют, однако они не учитывают точной стоимости агрегатов установленных на воздушном судне. В сложившейся ситуации одним из наиболее правильных решений было бы создание общей базы агрегатов ВС эксплуатируемых на территории Российской Федерации.

Методы и подходы к формированию базы данных авиационно-технического имущества в области гражданской авиации в разрезе декомпозиции систем воздушного судна

Для внедрения подхода по интеграции базы данных авиационно-технического имущества в области гражданской авиации в разрезе декомпозиции систем воздушного судна был проведён анализ действующих норма и правовой базы регламентирующей данную область страховой деятельности на территории Российской Федерации.

Закон, который является определяющим и регламентирует отношения в области страхования авиационной техник и воздушных судов является Закон Российской Федерации от 27.11.1992 N 4015-1 (ред. От 28.04.2023) «Об организации страхового дела в Российской Федерации» (далее – Закон).

Данный закон определяет взаимодействие между участниками страхования, регламентирует виды деятельности в сфере страхового дела, надзор со стороны соответствующих органов исполнительной власти. Далее представлены объекты страхования, на которые распространяется действие данного закона.

- страхование жизни;
- страхование от несчастных случаев и болезней;
- медицинское страхование;
- страхование имущества;
- страхование финансовых рисков;
- страхование предпринимательских рисков.

Для данного анализа главным объектом страхования является – страхование имущества. Под имуществом в данном случаем понимается, воздушное судно и его компоненты. Закон раскрывает данное понятие как страхование имущественных интересов, связанных с риском утраты (гибели), недостачи или повреждения имущества.

Следующим документом, определяющим отношения в области страхования является воздушный кодекс Российской Федерации.

Статья 131 воздушного кодекса определят обязательное страхование ответственности владельца воздушного судна перед третьими лицами, в части

вреда здоровью, жизни и перевозимому имуществу. Одновременно действие данной стать регламентирует на минимальный размер страховой суммы в рамках реализации перевозок на территории Российской Федерации. При этом, размер страховой суммы при выполнении авиаперевозок в воздушном пространстве других государств устанавливается в соответствии с их законодательством

Статья 132 Воздушного кодекса отвечает за область обязательного страхования жизни и здоровья членов экипажа пилотируемого воздушного судна.

Статья 133 Воздушного кодекса отвечает за область обязательного страхования гражданской ответственности перевозчика перед пассажирами воздушного судна.

Статья 134 Воздушного кодекса отвечает за область обязательного страхования гражданской ответственности перевозчика перед грузовладельцами или грузоотправителем

Статья 135 Воздушного отвечает за область обязательного страхования ответственности эксплуатанта при авиационных работах.

На основании анализа, в части действующих на территории Российской Федерации в настоящим момент времени требований и законодательной базы в части страхование гражданской авиационной техники можно сделать вывод, что вышеуказанные требования позволяют внедрение методов применения базы данных авиационно-технического имущества в разрезе декомпозиции систем воздушного судна.

Декомпозиция основных систем воздушного судна на примере типовой конструкции гражданского вертолёта семейства Ми-8/Ми-171

Типовая конструкция гражданского вертолёта семейства Ми-8/Ми-171 состоит ориентировочно из 400 компонентов и агрегатов. Количество агрегатов зависит от модификации вертолёта и выполняемым им задачами, такими как грузопассажирские перевозки, медуница катастроф (Medevac), пожаротушение, а также работы по перевозке грузов на внешней подвеске. В рамках проведения декомпозиции был сформирован перечень основных систем и конструкций вертолёта (таблица 1), таких как фюзеляж, силовая установка, система защита от пыли, трансмиссия вертолёта, несущая система, взлётно-посадочное оборудование, топливная система, маслосистема, система пожаротушения, гидросистема и система воздушного охлаждения агрегатов вертолёта с последующей разбивкой на основные компоненты данных систем.

Таблица 1

Перечень основных систем и конструкций вертолёта

№	Система вертолёта	Наименование АТИ
1	Фюзеляж	Хвостовая балка
2	Фюзеляж	Капоты главного редуктора
3	Фюзеляж	Стабилизатор
4	Фюзеляж	Грузовая створка
5	Остекление	Сдвижной блистер
6	Остекление	Обогреваемое лобовое стекло
7	Силовая установка	Двигатель
8	Силовая установка	Выхлопные патрубки
9	Защита от пыли	Пылезащитное устройство
10	Трансмиссия вертолёта	Главный редуктор
11	Трансмиссия вертолёта	Рама главного редуктора
12	Трансмиссия вертолёта	Хвостовой редуктор
13	Трансмиссия вертолёта	Промежуточный редуктор
14	Несущая система	Втулка несущего винта
15	Несущая система	Автомат перекоса
16	Несущая система	Лопасть несущего винта
17	Несущая система	Лопасть рулевого винта
18	Несущая система	Тормоз несущего винта
19	Взлётно-посадочные устройства	Передняя опора вертолёта
20	Взлётно-посадочные устройства	Тормозной диск
20	Взлётно-посадочные устройства	Авиационная шина
21	Топливная система	Топливный насос
22	Топливная система	Основной подвесной топливный бак
23	Топливная система	Перекрывной топливный кран
24	Маслосистема	Маслобак
25	Маслосистема	Воздушно-масляный радиатор
26	Маслосистема	Гибкий маслопровод
27	Система пожаротушения	Огнетушитель
28	Авионика	Авиагоризонт
30	Авионика	Высотомер
31	Авионика	Указатель скорости
32	Система воздушного охлаждения агрегатов	Вентилятор
33	Система воздушного охлаждения агрегатов	Компрессор
34	Система воздушного охлаждения агрегатов	Радиатор

Методика расчёта страховой стоимости

В первую очередь был проведен анализ действующих в настоящее время на территории Российской Федерации правила авиационного страхования страховых компаний. За основу были использованы «Правила добровольного страхования воздушных судов» (далее – Правила) одной из крупнейшей страховых копании – СПАО «Ингосстрах».

Настоящие Правила разработаны в соответствии с законодательными и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, определяют общие условия и порядок заключения, исполнения и прекращения договоров по следующему виду добровольного страхования: страхование средств воздушного транспорта.

Расчёт страховой суммы реализуется на основании удельных весов стоимости составных частей воздушного судна в страховой сумме (Таблица 2) указанной ниже, которая и включает в себя информацию по вертолётной технике.

Таблица 2

Удельные веса стоимости составных частей вертолетов в страховой сумме

п/п	Наименование составных частей	Доля стоимости составной части в общей страховой сумме (в %)
1.	Двигатели	25,0
2.	Лопасти несущего винта	15,0
3.	Редукторы и трансмиссия	15,0
4.	Фюзеляж с центропланом	20,0
5.	Хвостовое оперение	5,0 (включая рулевой винт)
6.	Шасси	3,0
7.	Бортовое оборудование и снаряжение	15,0
8.	Вспомогательная силовая установка	2,0

Используя за основу таблицу приведённую выше, а также на проведённом анализе по декомпозиции систем воздушного судна, на примере гражданского вертолёта семейства Ми-8/Ми-171 была создана методика расчёта страховой стоимости воздушного судна приведённая далее.

$NC_{вс}$- стоимость основных агрегатов ВС в разрезе систем

$NCT_{вс}$- текущая стоимость основных агрегатов ВС

$P_{вс}$- ресурс основных агрегатов ВС назначенный

$PT_{вс}$- текущий ресурс основных агрегатов ВС

$CTPH_{стр}$- стоимость страховки нового ВС

$CTPT_{стр}$- стоимость страховки.

$NCT_{ла=}\ NC_{ла*}NP_{ла}/NP_{ла}$

$$CTPT_{стр}= CTPH_{стр*}(1C_{вс+}\ 2C_{вс}+NC_{вс}/\ 1CT_{вс+}\ 2CT_{вс…..}+NCT_{вс})$$

Новая методика расчёта страховой стоимости воздушных судов позволит эксплуатантам и страховым компаниям использовать более точные расчёты при проведении процедуру страхования основываюсь также на остаточной стоимости каждого ключевого агрегата исходя из его ресурса. Данные расчёты безусловно позволит повысить их точность и сократить затраты при страховании.

Список литературы

1. Альбом схем по конструкции гражданского вертолёта Ми-8МТВ. Разработчик ИАТТ КГТУ им. А.Н. Туполева, город Казань, ул. Карла Маркса, д.10;
2. Правила добровольного страхования воздушных судов СПАО «Ингосстрах» от « 30 » сентября 2019 г. No 369;
3. Закон Российской Федерации от 27.11.1992 N 4015-1 (ред. От 28.04.2023) «Об организации страхового дела в Российской Федерации»;
4. «Воздушный кодекс Российской Федерации» от 19.03.1997 N 60-ФЗ (ред. от 30.01.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.04.2024);
5. Закон РФ от 27.11.1992 N 4015-1 «Об организации страхового дела в Российской Федерации» (ред. от 04.08.2023);
6. Страховое право: Учебное пособие для вузов. Ермаков Д.Н., 2006 г.;
7. Страховое дело, Учебно-методический комплекс. Архипов А.П., Адонин А.С., 2008 г.;
8. Вентиляторная установка вертолета Голубцов С.А., Антонов А.П., 2004 г.

Левина Т.А.
к.э.н., доцент, заведующая кафедрой
Московский политехнический университет
Россия, Москва
gta03@mail.ru
Грозовский Г.И.
д.т.н., профессор
Московский политехнический университет
Россия, Москва
grozg@mail.ru
Макушкин А.С.
аспирант
Московский политехнический университет
Россия, Москва
alex.mcn@yandex.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Аннотация. Статья рассматривает вопросы возможности проектирования адаптивной системы менеджмента качества (СМК) на предприятиях машиностроения. Описываются основные понятия и принципы менеджмента качества, а также этапы проектирования элементов системы. Уделяется внимание обратным связям между персоналом. В статье рассматриваются машиностроительные предприятия, которые эксплуатируют опасные производственные объекты (ОПО).

Ключевые слова: опасные производственные объекты, качество, процессный подход, саморегулирование, адаптация, риск, безопасность.

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
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
grozg@mail.ru
Makushkin A.S.
Postgraduate Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
alex.mcn@yandex.ru

DESIGNING AN ADAPTIVE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM AT MACHINE-BUILDING ENTERPRISES

Abstract. The article examines the issues of the possibility of designing an adaptive quality management system (QMS) at machine-building enterprises. The basic concepts and principles of quality management are described, as well as the stages of designing system elements. Attention is paid to feedback between staff. The article deals with machine-building enterprises that operate hazardous production facilities.

Keywords: hazardous production facilities, quality, process approach, self-regulation, adaptation, risk, safety.

В современной российской экономике, которая развивается в условиях глобализации, машиностроение является одной из ключевых отраслей. Здесь предъявляются строгие требования к качеству и безопасности выпускаемой продукции.

Безопасность на машиностроительном предприятии – ключевая задача для каждого предприятия. Важно предусмотреть все возможные риски аварийных ситуаций, которые могут привести к травмам сотрудников, временной или полной потере трудоспособности, а также к человеческим жертвам, значительному материальному и финансовому ущербу и т.д.

Вопрос безопасности всегда актуален. Повышение уровня безопасности на производстве сегодня крайне важно, а полученный вклад в эту сферу неоценим. Аварии часто становятся причиной многих несчастных случаев на производстве.

Согласно статистическим данным [1], примерно 10% аварий на производстве происходят из-за ошибок в проектировании, управлении и инженерии, в то время как остальные 90% связаны с ошибками работников, чья деятельность сопряжена с повышенным риском на производстве.

Оптимальный метод создания адаптивной СМК на машиностроительных предприятиях заключается в её разработке на этапе проектирования организации [2]. Однако традиционный подход к созданию СМК на стадии эксплуатации, соответствующий стандартам серии ИСО 9000 и более близкому к управлению рисками стандарту ГОСТ Р ИСО 9001–2015 «Системы менеджмента качества. Требования», не приводит к формированию структуры процессов, обладающих автоматическими регуляторами, необходимыми для саморегуляции

Для возможности разрабатывать адаптивную СМК, машиностроительным предприятиям необходимо выполнить определённые требования, а именно: понимать сложность системы, анализировать процессы, этапы жизненного цикла и критические решения для сбоев в процессах, определить компоненты и взаимосвязи для обеспечения прозрачности функционирования процессов, идентифицировать риски и их распространение в каждом процессе. Инициирующие события могут предоставить возможности для изменения структуры и функций, которые следует предусмотреть на основе моделей оценки риска нарушений каждого процесса и учёта возможных связей между элементами и процессами.

Анализ процессов СМК при проектировании повышает устойчивость системы перед непредвиденными изменениями во внутренней и внешней среде. На практике устойчивость эргономичных систем подчёркивает важность СМК для внедрения технологий в инновационное производство с учётом отклонений от общепринятых методов, что может привести к сбоям и ошибкам.

Система должна быть спроектирована таким образом, чтобы была возможность для прогнозирования и контроля, но в то же время система еще и должна быть достаточно гибкой для адаптации, инноваций и изучения.

Структура, необходимая для достижения устойчивых показателей, отличается от структуры, где устойчивость не предусмотрена. Разница в структуре, связанной с внедрением устойчивости, возникает из-за применения принципов данной устойчивости, которые способствуют достижению ее целей. Этот подход к проектированию машиностроительных компаний с адаптивной системой менеджмента качества подразумевает дополнительную цель обеспечения устойчивости предприятия, кроме тех, что указаны в стандартах серии ИСО 9000.

Особенность цели обеспечения устойчивости заключается в необходимости соблюдения требований к каждой функции системы и выходным параметрам процессов с учётом возможных опасных ситуаций. В процессе функционирования системы могут возникать опасные события, приводящие к переходу в состояния, требующие восстановления ключевых механизмов управления при своевременном срабатывании обратных связей, т.к. жизненный цикл системы может включать как запланированные, так и непредвиденные состояния и переходы.

Существуют два подхода для достижения устойчивости. Одна фокусируется на причинах деградации систем. При данном подходе ориентируются на усилении системы и ее компонентов против идентифицированных угроз

и на представлении разумного баланса стоимости компенсирующих мероприятий для обеспечения прибыли, т.к. может быть невозможно определить наивысший уровень опасности или может быть нерационально эксплуатировать систему, противостоящую экстремальному уровню опасности.

Второй подход фокусируется на идентификации угроз и последствиях отказов компонентов или подсистем системы в каждом процессе СМК. В этом случае анализ структуры каждого процесса системы определяется достижением приемлемого уровня риска нарушений процесса на основании анализа отказов частей системы, участвующих в процессе или их функционировании, и определении воздействия этих отказов на выходные параметры процессов. Это позволяет понимать эффект воздействия отказов.

Дальнейший анализ возможных причин отказов компонентов всех процессов может быть выполнен для определения воздействия возможных угроз на всю систему с учетом взаимодействия компонентов процессов для срабатывания обратных связей. Понимание воздействия на всю систему помогает проектировщику понять широкую область стратегий для достижения улучшенной устойчивости систем и персонала с целью достижения необходимой эффективности относительно выживаемости отдельных компонентов системы. Такой анализ адаптивности системы на стадии проектирования, проведенный на основе адаптивной СМК с управлением рисками нарушений, позволит определить на этой стадии баланс затрат на обеспечение устойчивости и эффективности предприятия.

Адаптация в социотехнических системах может наблюдаться на различных уровнях иерархии, определяемых авторегуляторными механизмами с обратными связями (по аналогии с живой системой: клетка, орган, организм) от рабочего места оператора: человек-машина до вовлечения в процесс адаптации многочисленных участников как самого предприятия, так и привлеченных структур. В этом контексте предложенной концепции самоорганизации недостаточно стандартизованного процессного подхода к модели СМК. Эта концепция может объяснить как адаптации поведения участников и структур могут быть достигнуты спонтанно, непрерывно и относительно плавно, особенно в высокоорганизованных системах на основе взаимодействия элементов процессов СМК, и каким образом эти процессы взаимодействуют для создания обратных связей в самоорганизации всей системы с целью борьбы с нестабильностью, неопределенностью и непредсказуемостью при воздействии угроз внутри системы и окружающей среды.

Соответственно, обеспечение условий самоорганизации системы при проектировании вносит существенные изменения в модель адаптивной СМК.

Процессы самоорганизации в социотехнических системах не существуют без целей и могут быть не совершенны, по крайней мере, когда рассматривается не выполнение нормативных требований [3]. В этом случае единственное неизменное требование к адаптивной СМК – это сохранение поставленных целей и задач, среди которых важная роль принадлежит выживанию системы.

Также важная роль в анализе адаптивных систем принадлежит процессному представлению СМК, где каждый процесс представляет взаимодействие персонала и машин, участие персонала в технологиях. Поэтому процессный подход в моделях СМК наиболее наглядно представляет социотехническую систему, «разложенную» на процессы с участием оборудования и персонала, созданную с различными целями: выживания, обеспечение безопасности, качества продукции и, конечно, удовлетворения интересов инвесторов в эффективности производства и выполнении требований регулятора. В этом состоит уникальная роль СМК в создании адаптивной системы предприятия.

Поэтому при проектировании СМК требуется предусмотреть способности предприятия адаптироваться к внешним и внутренним изменениям для обеспечения стабильности системы на основе обратной связи.

Эта же основа устойчивости определит выходные параметры системы: показатели производства и качества продукции.

При разработке адаптивной СМК должна проводиться модельная имитация отказов и ошибок персонала. Разработка петель обратных связей должна также учитывать изменение внешних условий, включение механизмов адаптации. Целью создания таких авторегуляторных механизмов саморегулирования, проявляющееся в новых функциях или структуре, является адаптация объекта в новых условиях в безопасном состоянии.

Одна из ключевых задач при разработке адаптивной СМК заключается в установлении взаимодействия между сотрудниками, включая руководство. Ведь кадры, такие как рабочие, инженеры, технологи и менеджеры, играют важную роль в обеспечении качества продукции машиностроения. Для саморегулируемой системы этот подход является обязательным условием для развития саморегулирования и достижения поставленных целей.

При проектировании невозможно предусмотреть полноту наличия обратных связей комплексной системы ОПО из-за нелинейности отношения причины – последствий. В процессе эксплуатации возникают новые функции и новые структуры, не предусмотренные на стадии проектирования. Для анализа возникающих образований и функций должно быть предусмотрено подразделение ОПО для понимания происходящих в саморегулирующей системе процессов.

Оценка рисков имеет решающее значение для обеспечения безопасности в процессах СМК, однако она подвержена ряду недостатков. Таким образом, система должна быть способна справляться с непредвиденными и даже неизвестными угрозами, которые могут нарушить процессы и привести к серьёзным авариям с негативными последствиями для людей, имущества, окружающей среды, что снижает стабильность.

Такая система обеспечивается концепцией адаптивной СМК. Адаптивная система менеджмента качества обеспечивает устойчивость, которая основывается на методологии зонтика, учитывающей социотехнические аспекты, управление рисками и надёжность оборудования. Эта концепция поз-

воляет находить оптимальный баланс между безопасностью и экономическими показателями, эффективно управлять рисками и готовиться к непредвиденным угрозам в процессе эксплуатации.

Таким образом, проектируя адаптивную систему обеспечения безопасности, создавая обратные связи в качестве компенсирующих мероприятий, создается основа для принятия решений, связанных с компромиссом между безопасностью и другими целями, такими как эффективность производства.

Список литературы

1. Ковальковская Н.О., Кулешов В.В., Сердюк В.Т., Бакико Е.В. Шкалирование параметров влияния человеческого фактора на уровень профессионального риска на объектах машиностроения / ОНВ. 2020. №6 (174) – С. 15-21.

2. Котельников В.С., Грозовский Г.И., Макушкин А.С. Адаптивная система управления надежностью и безопасностью / Промышленность и безопасность. 2023. № 9 (191) – С. 44-49.

3. Naikar N, Brady A. Cognitive systems Engineering: expertise in sociotechnical systems //The Oxford Handbook of Expertise. – 2019. – С. 219.

Ажимгереева А.Б.
к.т.н., докторант
НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина»
Казахстан, Астана
ms.azhimgereyeva@mail.ru
Алдабергенова С.С.
д.т.н., заведующая кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология»
НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина»
Казахстан, Астана
ASS_1982@mail.ru
Юрченко А.В.
д.т.н., профессор
Томский политехнический университет
Россия, Томск
niipp@inbox.ru

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Аннотация. Потребности учебных заведений в стратегическом управлении обусловлены необходимостью базировать свою деятельность на четко определенных стратегических целях, необходимостью адаптации к переменам во внешней среде, регулярном пересмотре объемов, структуры, программ и видов образовательных услуг. Система высшего образования не является сферой материального производства, и обладает своей спецификой, для которой характерны особые риски, отличные от тех, которые традиционно рассматриваются в теории риск-менеджмента, автор считает возможным применение

традиционных методов, используемых в хозяйственной практике предприятий, в управлении рисками вузов. Такими методами могут стать диссипация (распределение), передача риска и метод компенсации риска.

Ключевые слова: риск-менеджмент, диссипация, диверсификация образования, система высшего образования.

Azimgereeva A.B.
Candidate of Technical Sciences, Doctoral Student
NJSC "Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin"
Kazakhstan, Astana
ms.azhimgereyeva@mail.ru
Aldabergenova S.S.
Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Standardization, Certification and Metrology
NJSC "Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin"
Kazakhstan, Astana
ASS_1982@mail.ru
Yurchenko A.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor
Tomsk Polytechnic University
Russia, Tomsk
niipp@inbox.ru

APPLICATION OF RISK MANAGEMENT METHODS IN THE ACTIVITIES OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

Abstract. The needs of educational institutions for strategic management are determined by the need to base their activities on clearly defined strategic goals, the need to adapt to changes in the external environment, and regularly review the volume, structure, programs and types of educational services. The higher education system is not a sphere of material production, and has its own specifics, which are characterized by special risks that differ from those traditionally considered in the theory of risk management; the author considers it possible to use traditional methods used in the economic practice of enterprises in risk management of universities. Such methods can be dissipation (distribution), risk transfer and risk compensation method.

Keywords: risk management, dissipation, diversification of education, higher education system.

Несмотря на то, что система высшего образования не является сферой материального производства, и обладает своей спецификой, для которой характерны особые риски, отличные от тех, которые традиционно рассматриваются в теории риск-менеджмента, автор считает возможным применение традиционных методов, используемых в хозяйственной практике предприятий, в управлении рисками вузов. Такими методами могут стать диссипация (распределение), передача риска и метод компенсации риска (рисунок).

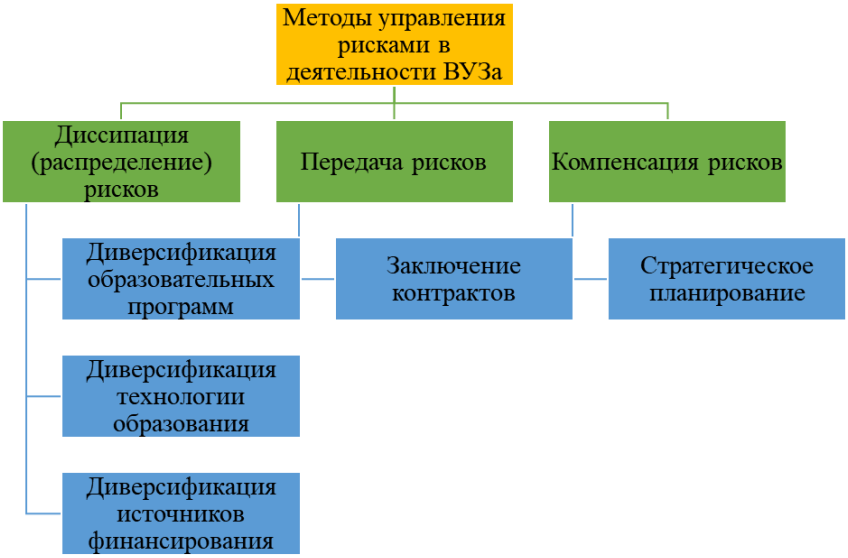


Рис. Методы управления риском в деятельности вузов

Метод диссипации (распределения) риска представляет собой инструменты управления через распределение общего риска путем объединения (с разной степенью интеграции, как вертикальной, так и горизонтальной) с другими участниками, заинтересованными в успехе общего дела. В таких случаях могут создаваться консорциумы, ассоциации, концерны. [1]

Применительно к деятельности высших учебных заведений этот метод будет заключаться в налаживании сотрудничества вуза с образовательными учреждениями предыдущих ступеней обучения – школами, средними специальными учебными заведениями (регрессивная интеграция), а так же взаимодействие с предприятиями, НИИ, органами государственной власти, которые могут быть заинтересованы в сотрудничестве с вузом в решении вопросов подготовки высококвалифицированных специалистов (прогрессивная интеграция). [3]

Диверсификация образования в современных условиях является объективной тенденцией его функционирования и развития. Эта тенденция в своих глубинных основаниях базируется прежде всего на образовательных потребностях и интересах населения и обусловлена многими социальными факторами, такими как: экономические потребности развития гражданского общества; социальную дифференциацию населения; давление рынка труда, который ныне все более отдает предпочтение междисциплинарным знаниям, способности работника решать различные проблемные ситуации на рабочем месте; разделение труда в самом образовании, которое основывается на специализированных профессиональных знаниях, опыте и которое, в свою очередь, влияет на развитие соответствующих специализаций в материальном производстве.

Процесс диверсификации финансирования в вузах современные зарубежные исследователи рассматривают с позиций организационных и поведенческих изменений, которые необходимо провести на институциональном

уровне для эффективной адаптации к условиям изменившейся внешней среды. В качестве теоретической базы такой позиции используются теории ресурсной зависимости й концепция предпринимательского университета. Согласно теории ресурсной зависимости, каждая организация должна взаимодействовать с окружением, поскольку нуждается в ресурсах. Это порождает зависимость организации от внешних субъектов, а нехватка ресурсов предопределяет степень этой зависимости. Опираясь на эту концепцию, многие авторы, в частности Морган А. считают, что «структура вузов должна следовать за ресурсами» [5], т.е. появление новых возможных источников дохода способствует созданию в вузах структур для управления взаимодействия с этими источниками.

Это приводит к необходимости внутренней трансформации вузов в учреждения нового проактивного, предпринимательского типа. Согласно исследованиям Б.Кларка эта трансформация осуществляется в пяти основных направлениях: диверсификация источников финансирования, усиление управленческого ядра, расширение вузовской периферии, стимулирование академического ядра и утверждение в вузовском сообществе предпринимательских убеждений и ценностей. Несмотря на определенные сложности, возникающие при взаимодействии с новыми клиентами, диверсифицированная база финансирования увеличивает свободу действий вузов, поскольку различные источники доходов увеличивают общее поступление ресурсов. Это позволяет вузам «держать удар»: потери в одном месте могут компенсироваться за счет увеличения поступлений в другом. Это так же позволяет создавать определенные резервы и предпринимать инновационные шаги.

Как показывает опыт ведущих зарубежных вузов, не всем из них удается достичь значительных успехов в этом направлении в силу их неготовности к использованию открывающихся возможностей. Эксперты ОЭСР выделяют следующие трудности, с которыми сталкиваются вузы [6]:

- система и процессы вузовской деятельности не адаптированы к осуществлению коммерческой деятельности, не формализованы и не регламентированы;
- все необходимы нововведения реализуются в вузах очень медленно, они не способны идти на риск;
- система стимулирования и принципы развития академической карьеры не способствуют активизации деятельности научных сотрудников привлечении дополнительных источников финансирования;
- профессиональный уровень вузовского менеджмента недостаточен для осуществления новых видов деятельности.

Высшие учебные заведения зарубежных стран выработали различные методы адаптации к условиям ограниченности бюджетного финансирования. Эти методы можно условно разделить на три группы в зависимости от конкретных целей, которых стремились достичь вузы от их использования:

Первая группа – методы повышения использования имеющихся у вузов финансовых ресурсов, снижение издержек по организации обучения.

Вторая группа – меры, призванные обеспечить получение государственного финансирования, в частности, направленные на достижение вузами таких показателей деятельности, которые являются условием выделения государственных средств в прежнем и даже большем объеме.

Третья группа – методы, обеспечивающие увеличение частных источников финансирования, как традиционных, так и новых. Речь идет об увеличении доходов от оплаты за обучение (в частности, за счет активизации усилий по привлечению студентов, в том числе и иностранных, и предотвращению их отсева), от контрактов с частными фирмами на проведение научных исследований и подготовку кадров, а так же о привлечении частных пожертвований. Особое внимание в этом случае вузы уделяют поиску дополнительных частных источников финансирования путем организации новых направлений и форм образовательной и других видов деятельности (непрерывное обучение взрослых, международная коммерческая деятельность, развитие партнерских отношений с местным сообществом.)

Разделение методов адаптации на три группы является довольно условным, поскольку некоторые методы могут быть отнесены к разным группам. Так, привлечение дополнительного числа студентов обеспечивает увеличение доходов вузов из частных источников (плата за обучение) и получение определенного объема государственного финансирования. Организация дистанционного обучения обеспечивает (после первоначального роста затрат) экономию в долговременной перспективе на издержках по организации обучения и возможности привлечения нового контингента студентов. Привлечение вузами корпоративных партнеров для проведения научных исследований нередко обеспечивает поступление не только частных, но государственных средств. [7]

Метод передачи (переноса, трансферта) риска. Другая возможность уменьшения степени риска состоит в переносе риска на какое-нибудь третье лицо, путем страхования или передачи риска по некоторым операциям благодаря заключению контракта. Партнерам в этом случае передается та часть рисков, по которой третьи лица имеют больше возможностей нейтрализации из негативных последствий и располагают более эффективными способами защиты от них. Некоторые авторы [2] рассматривают метод передачи риска как одну из форм уклонения. Но, по нашему мнению, это не совсем так, поскольку в этом случае дополнительно приобретается риск невыполнения обязательств по отношению к третьему лицу.

Следующим методом управления рисками, применимым в деятельности вузов, является *метод компенсагрш риска,* относящийся к так называемым «упреждающим методам», исключающим появление причин и факторов риска. Возможность использования данного метода обусловлена многовариантностью применяемых инструментов, таких как:

Стратегическое планирование. Как средство компенсации риска стратегическое планирование дает эффект в том случае, если процесс разработки стратегии пронизывает буквально все сферы деятельности организации.

В связи с этим, нельзя не отметить актуализирующее значение стратегического планирования для решения накопившихся внутривузовских проблем, прежде всего из области концептуальных проблем соотношения фундаментального и прикладного в вузовском образовании, модели вуза в рыночных условиях, роли образования в жизни общества, миссии и предназначения вузов в новых социально-экономических реалиях и т. д. Потребности учебных заведений в стратегическом управлении обусловлены необходимостью базировать свою деятельность на четко определенных стратегических целях, необходимостью адаптации к переменам во внешней среде, регулярном пересмотре объемов, структуры, программ и видов образовательных услуг.

Список литературы

1. Ломакина Т.Ю. Диверсификация профессионального образования. – М.: Российская академия образования, 2000. – 217 с.
2. Лукашенко М.А. Рыночная трансформация системы образования России.// Общество и экономика. – 2002. №1. С.14-16.
3. Луман Н. Понятие риска. – THESIS, 1994. – выпуск 5. -78 с.
4. Мазур И.И., Шапиро В.Д., Коротков Э.М., Ольдерогге Н.Г. Корпоративный менеджмент.- М.: Омега-Л, 2005. – 376 с.
5. Майбуров И.А. Финансирование высшего образования: «национальные особенности». // Высшее образование в России. – 2004. №10. – С.32-35.
6. Мартиросян Л. Риски в коммерции.// Управление риском. – 1998. №1. С. 29.
7. Менеджмент, маркетинг и экономика образования. Учебное пособие / Под.ред А.П. Егоршина. – Н.Новгород: НИМБ, 2004. – 487с.

Ситникова М.Н.
к.т.н., главный специалист
АО «ОДК»
Россия, Москва
ruvva@yandex.ru

РЕАЛИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ФУНКЦИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ 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 и результативности принятия управленческих решений.

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 MAIN FUNCTIONS OF PRODUCTION MANAGEMENT IN JSC "UEC"

Abstract. 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 and rationality of making management decisions.

Keywords: Product quality, work organization, management decision.

Вся 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 используются и реализовываются современные функции производственного управления, основными компонентами которого являются повышение качества продукции, повышение производительности труда, планирование производства, вовлечение сотрудников корпорации в непрерывное совершенствование бизнес-процессов.

Реализация основных функций производственного управления осуществляется по следующим направлениям:

1. Планирование производства. Процесс производственного управления связан с планированием, организацией выполнения планов и контролем конечных результатов. Управление тем эффективнее, чем лучше взаимосвязаны и отработаны указанные функции. Одной из целей компании АО «ОДК», объединяющей предприятия по разработке, производству, испытаниям, ремонту, техническому обслуживанию и утилизации газотурбинных двигателей, является усовершенствование деятельности за счет освоения новых и совершенствования существующих технологий проектирования и производства, развития материально-технической базы – реконструкция и техническое перевооружение производств и испытательного комплекса организаций АО «ОДК». В основе концепции лежит информация, ее быстрый сбор, обработка и передача.

План производства и ремонта АО «ОДК» формируется и актуализируется на основании плана продаж и финансовой модели на основе стратегии развития организации, и для оперативности принятия управленческих решений в области управления производством, производственного планирования и повышения эффективности деятельности.

Результатом планирования является система планов: долгосрочных, среднесрочных и оперативных. Для разработки плана сформулированы следующие требования: преемственность стратегического и текущего планов,

ранжирование мероприятий по важности, адекватность плановых показателей, ресурсное обеспечение, наличие системы учета, отчетности, контроля и ответственности за выполнение. АО «ОДК» формирует и утверждает сводный план производства и ремонта АО «ОДК» по готовой продукции, который является основанием для осуществления процессов оперативного производственного планирования в дочерних обществах и филиалах. Разрабатывается и внедряется в дочерние общества информационная система, охватывающая учет движения заготовок до выпуска готовой продукции.

2. Организация производства для создания необходимых условий для 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. Помимо прочего создается единая система управления производством в условиях широкой внутренней и внешней кооперации.

3. Контроль качества продукции. Данный показатель является одним из главных показателей деятельности предприятия и средство удержания позиций на мировом рынке. В стандарте ГОСТ Р ИСО 9001-2015 термин «качество» определен как «степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта требованиям». Продукция с низким качеством обычно является неконкурентоспособной.

4. Мотивация. Применение материальных и нематериальных стимулов со стороны корпорации для повышения эффективности работы сотрудников.

Любая успешная организация постоянно нацелена на улучшения, которые необходимы для обеспечения конкурентоспособности компании и удовлетворения текущих и перспективных ожиданий заказчика. Они проводятся, чтобы удовлетворить требования своих потребителей и превзойти их ожидания, а также, чтобы сократить издержки предприятий для максимального извлечения прибыли. Одним из инструментов, позволяющих реализовать улучшения, является проектная деятельность.

Улучшения в организации можно проводить не только путем реализации проектов, но 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 в таком случае проведение проекта не рационально. Если же путей достижения поставленной цели несколько и все они имеют свои преимущества и недостатки, а в результате проекта будет получен 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 управления), а также их оценки определены и достигнуты критерии:

1. По направлению «Процесс управления. Построение модели управления»:

– Разработан регламент проведения совещаний (определены темы для рассмотрения, порядок и формы представления, периодичность, др). На совещании обязательно освещаются следующие вопросы: выполнение предыдущих протокольных поручений; динамика показателей, реализация планов, с информацией о времени завершения работ по мероприятиям. Совещаний проводятся в формате видеоконференцсвязи, которая позволяет собрать все заинтересованные стороны для решения проблем по поднимаемым вопросам в едином информационном поле в четко обозначенное время.

– Совещания проводятся регулярно под председательством директора по производству АО «ОДК», руководителя направления деятельности, что является важным условием достижения цели.

– Достоверную и объективную информацию по выполнению планов мероприятий докладывают руководители дочерних обществ, которая демонстрируется в виде презентаций. На совещания приглашаются заинтересованные стороны (эксперты в своих областях знаний) для повышения эффективности процесса.

2. По направлению «Стандартизация информации совещаний»:

– Документы, регламентирующие проведение совещаний, разработаны, утверждены и актуализируются по мере необходимости.

– Предоставление отчетности систематизировано и выполняется по формализованной методике с предоставлением информации, необходимой для выполнения анализа результативности мероприятий.

3. По направлению «Анализ принятия управленческих решений и повышение результативности»:

– Управленческие решения фиксируются в протоколах совещаний, которые направляются участникам совещания по электронной почте и выкладываются в общее информационной пространство для оперативности исполнения.

– На совещаниях анализируется успешность принятых управленческих решений: их достижение или провал; принимаются соответствующие меры по повышению результативности.

Для оценки результативности управленческого решения определены следующие требования:

– обоснованность;

– четкость изложения;

– возможность выполнения;

– эффективность, как степень достижения цели по сравнению с затратами ресурсов.

Большое внимание уделяется согласованности с ранее принятыми решениями.

Быстро меняющиеся потребности общества требуют подвижной и гибкой организационной структуры, способной адекватно реагировать на всевозможные изменения. Реализация стратегии, избранной руководством АО «ОДК» основана на четкой постановке задач перед исполнителями, определении ожидаемых результатов и контрольных сроков.

Список литературы

1. Чуриков Ю.В. Концептуальное моделирование системно-процессного комплекса социально-экономической организации // Проблемы развития предприятий: теория и практика: материалы 8-го междунар. науч.-практ. конф. – Самара: СГЭУ, 2009. – С. 273-277.

2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования.

3. ГОСТ Р ИСО 9004-2010. Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. – М.: Стандартинформ, 2011.

Асадулин Е.О.
инженер по качеству
ГБУЗ «КККД»
Россия, Кемерово
asadeo@kemcardio.ru
Стрюков Р.А.
начальник отдела качества
ГБУЗ «КККД»
Россия, Кемерово
strura@kemcardio.ru
Макаров С.А.
д.м.н., главный врач
ГБУЗ «КККД»
Россия, Кемерово
makarov@kemcardio.ru

ВНУТРЕННИЙ АУДИТ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ВОВЛЕЧЕННОСТИ ПЕРСОНАЛА

Аннотация. В данной статье рассматривается опыт внедрения процесса внутреннего аудита в деятельность ГБУЗ «ККККД» для создания условий непрерывного улучшения системы менеджмента. Представлены ключевые особенности при формировании службы внутреннего аудита. Предложены мотивационные факторы, повышающие заинтересованность сотрудников к проведению внутренних аудитов.

Ключевые слова: внутренний аудит, служба внутренних аудиторов, система менеджмента, непрерывное улучшение, мотивация внутренних аудиторов.

Asadulin E.O.
Quality Engineer
State Budgetary Healthcare Institution «Kuzbass Clinical Cardiology Dispensary named after academician L.S. Barbarash»
Russia, Kemerovo
asadeo@kemcardio.ru
Stryukov R.A.
Head of quality Department
State Budgetary Healthcare Institution «Kuzbass Clinical Cardiology Dispensary named after academician L.S. Barbarash»
Russia, Kemerovo
strura@kemcardio.ru
Makarov S.A.
Doctor of medicine, head physician
State Budgetary Healthcare Institution «Kuzbass Clinical Cardiology Dispensary named after academician L.S. Barbarash»
Russia, Kemerovo
makarov@kemcardio.ru

INTERNAL AUDIT: A TOOL FOR CONTINUOUS IMPROVEMENT OF THE ORGANIZATION'S MANAGEMENT SYSTEM AND INCREASING STAFF INTEREST

Abstract. This article discusses the experience of introducing the internal audit process into the activities of the State Budgetary Healthcare Institution «Kuzbass Clinical Cardiology Dispensary named after academician L.S. Barbarash» to create conditions for the continuous improvement of the management system. The key features in the formation of the internal audit service are presented. Motivational factors are proposed that increase employees interest in conducting internal audits.

Keywords: internal audit, internal auditor service, management system, continuous improvement, motivation of internal auditors.

В современной динамично развивающейся организации важно не только создавать и поддерживать внутренние процессы, но и обеспечивать их непрерывное развитие и динамический рост показателей результативности. Одним из инструментов, который помогает организациям следить за своими процессами, выявлять проблемы, находить пути для улучшения и самосовершенствования деятельности, является внутренний аудит.

Внутренний аудит выступает в качестве драйвера непрерывного улучшения и развития организации, дающего ей оценку результативности выполнения требований системы менеджмента и возможность разработки рекомендаций по улучшению своей деятельности.

В данной статье представлен опыт внедрения процесса внутреннего аудита в Государственном бюджетном учреждении здравоохранения «Кузбасский клинический кардиологический диспансер имени академика Л.С. Барбараша» (ГБУЗ «КККД»).

Внутренний аудит позволяет оценить текущее состояние системы управления в организации, выявить несоответствия, определить риски и возможности для улучшения деятельности. Проведение регулярных внутренних аудитов в организации позволяет высшему руководству, руководителям структурных подразделений получить объективную оценку результативности системы менеджмента и принять обоснованные управленческие решения.

При внедрении процесса и создания службы внутреннего аудита, в соответствии с руководящими указаниями национального стандарта ГОСТ Р ИСО 19011-2021 «Оценка соответствия. Руководящие указания по проведению аудита систем менеджмента», большинство организаций сталкиваются с проблемами, связанными с низкой мотивированностью по вовлечению сотрудников, невысокой компетентностью внутренних аудиторов, а также с отсутствием заинтересованности у высшего руководства по целеполаганию и планированию внутренних аудитов. Перечисленные проблемы при создании службы внутренних аудиторов в настоящее время остаются актуальными для многих организаций.

В методической и научной литературе по организации процесса внутреннего аудита, подготовке компетентных аудиторов в большинстве случаев не освещается тема развития мотивации у сотрудников, претендующих на роль внутреннего аудитора. Преимущественно в литературе описываются основные задачи, принципы, методы по организации проведения внутренних аудитов. Вопрос о вовлечении и мотивации сотрудников в данный процесс остается за высшим руководством организации.

Задачи данной статьи:

1. Демонстрация опыта ГБУЗ «КККД» по внедрению процесса внутреннего аудита, формированию службы внутренних аудиторов;

2. Разработка методов развития мотивации службы внутренних аудиторов.

Внедрение процесса внутреннего аудита в деятельность ГБУЗ «КККД» берет свое начало с 2016 года с момента проведения первого внутреннего аудита по оценке соответствия системы менеджмента качества установленным требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования». Высшее руководство учреждения при формировании состава службы внутренних аудиторов было нацелено на создание продуктивной команды, способной с разных точек зрения оценить деятельность структурных подразделений учреждения. Были выделены следующие особенности формирования данной службы:

1. Мультидисциплинарный состав службы;

2. Наличие заинтересованности у сотрудников;

3. Готовность сотрудников к дополнительному обучению;

4. Планомерное развитие практических навыков проведения внутренних аудитов.

Параллельно с формированием состава и обучения внутренних аудиторов началось проектирование процесса внутреннего аудита:

1. Разработка и утверждение регламента процесса «Внутренний аудит», в котором определены основные принципы, цели и порядок проведения внутренних аудитов организации.

2. Разработка и утверждение годового плана проведения внутренних аудитов, в котором определены объекты аудита, цель, задачи, продолжительность проведения аудитов, состав аудиторских групп.

На протяжении 7 лет процесс проведения внутренних аудитов в ГБУЗ «КККД» набирал свои обороты: на сегодняшний день область аудитов охватывает все структурные подразделения, проходят комплексные аудиты интегрированной системы менеджмента (требования ГОСТ Р ИСО 9001-2015, требования практических рекомендаций Росздравнадзора). Совершенствуется и сам процесс внутреннего аудита: регулярно пересматривается регламент процесса на соответствие стандарту ГОСТ Р ИСО 19011-2021г, внедряется процесс оценки удовлетворенности персонала проведением внутренних аудитов.

Отдельное внимание при планировании проведения внутренних аудитов уделяется моменту подготовки внутренних аудиторов. В ГБУЗ «КККД»

ежегодно проводится ротация аудиторской группы с целью вовлечения новых сотрудников в процесс улучшения деятельности учреждения.

Каждый внутренний аудитор проходит обучение по повышению квалификации в специализированной организации по сертификации систем менеджмента, а также внутреннее обучение по развитию практических навыков проведения внутренних аудиторов.

Большую роль в заинтересованности у сотрудников стать частью службы внутреннего аудита играют следующие мотивационные факторы:

1. Дополнительное финансовое поощрение по итогу проведения аудитов;

2. Поддержание профессионального роста и компетенций аудиторов;

3. Признание результатов внутренних аудитов;

4. Создание благоприятной рабочей атмосферы, как для службы внутренних аудитов, так и для проверяемых структурных подразделений.

Поддержание мотивационных факторов способствует успешному проведению запланированных внутренних аудитов в назначенный срок, повышению компетенции, поддержке командной работы.

Наибольшую значимость от внедрения процесса внутреннего аудита играет роль непрерывного улучшения деятельности организации. Проведение внутренних аудитов не должно рассматриваться как формальное выполнение требований стандартов, а как возможность для постоянного совершенствования организации.

Организациям, нацеленным на результат от внедрения процесса внутреннего аудита необходимо определить:

1. Возможность обучения сотрудников компетенциям проведения внутренних аудитов;

2. Возможность дополнительного стимулирования сотрудников по итогам проведения аудитов;

3. Возможность участия руководства в организации и планировании годового плана проведения аудитов.

Высшему руководству стоит обратить пристальное внимание на степень загруженности службы внутреннего аудита в период проведения аудитов: не стоит включать в область аудита все структурные подразделения, особенно когда аудиторы только начинают свой путь проверяющего. В таблице 1 приведен пример ГБУЗ «КККД» по количеству проведенных внутренних аудитов.

Таблица 1

Количество проведенных внутренних аудитов ГБУЗ «КККД»

Год							
2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	4	11	39	56	50	58	88

Для оценки удовлетворенности сотрудников организации проведением аудитов необходимо получать обратную связь, позволяющую находить слабые места в проектировании процесса внутреннего аудита. В таблице 2 представлен пример ГБУЗ «КККД» по уровню удовлетворенности процессом внутреннего аудита.

Таблица 2

Уровень удовлетворенности процессом внутреннего аудита

	2021	**2022**	**2023**
Уровень удовлетворенности аудируемых сотрудников, %	92%	98,6%	98,7%
Уровень удовлетворенности внутренних аудиторов, %	87,5%	89,3%	92,3%

Проведение внутренних аудитов стимулирует руководителей структурных подразделений к постоянному совершенствованию своей работы, выявлению и устранению проблем, а также внедрения инноваций и лучших практик.

Внутренние аудиты способствуют развитию деятельности структурных подразделений, созданию культуры непрерывного улучшения для формирования успешной системы управления организацией.

При формировании внутренних аудиторских групп, необходимо определить мотивационные факторы, стимулирующие заинтересованность сотрудников.

Высшее руководство организации должно использовать результаты внутренних аудитов для принятия управленческих решений, обеспечивающих стабильный рост и непрерывное развитие.

Список литературы

1. Крышкин О. Настольная книга по внутреннему аудиту / О. Крышкин, – Москва: Альпина Паблишер,2023.

2. Нуждин Г.А., Хунузиди Е.И. Внутренний аудит систем менеджмента / Г.А. Нуждин, Е.И. Хунузиди Е.И. – Москва: МИСиС,2019.

3. Сотникова Л.В. Оценка состояния внутреннего аудита / Л.В. Сотникова – Москва: Юнити-Дана, 2017.

4. Татарников М.А. Управление качеством медицинской помощи / М.А. Татарников – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2016.

5. Кеворкина Ж.А., Карпова Т.П. Внутренний аудит: учебное пособие / Ж.А. Кеворкина, Т.П. Карпова. – Москва: Юнити-Дана, 2015.

Сафонова О.М.
ассистент
ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»
Россия, Иркутск
olyastefanovskaya@mail.ru
Лонцих П.А.
д.т.н., профессор
ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»
Россия, Иркутск
palon@list.ru

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В СИСТЕМАХ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация. Глобализация конкуренции в современных условиях, повышение требований к гибкости производства для удовлетворения персональных предпочтений потребителей и выпуск продукции под заказ – все эти тенденции обусловливают повышение неопределенности организационной среды в компании и необходимость использования рискориентированных методов управления. При этом, повышение эффективности системы менеджмента качества предполагает необходимость выполнения предупреждающих действий на основе планирования, анализа и улучшения деятельности, связанной с рисками и возможностями.

Риск-менеджмент становится частью процесса принятия управленческих решений, поэтому для повышения результативности таких решений необходимо совершенствовать систему менеджмента качества в области управления рисками.

Вопрос информационной безопасности имеет высокое значение для существования современных предприятий. Система менеджмента информационной безопасности представляет собой часть комплексной системы управления качеством, которая основана на принципах оценки рисков предприятия, используемая для создания, внедрения, эксплуатации и общего улучшения информационной безопасности (ИБ) в целом. Увеличение числа атак на ИБ и понижение качества управления большими объемами данных повлияли на работу предприятий, снизив их производительность. Из-за этой ситуации появляется возможность сравнения принципов управления рисками и создания надежной системы управления рисками ИБ.

В таких условиях необходимо сформировать новую методику или способ обеспечения управления рисками ИБ на основе усовершенствования основных принципов риск–менеджмента.

Ключевые слова: информационная безопасность, управление рисками, система менеджмента качества, стандарты, минимизация ущерба.

Safonova O.M.
Assistant
Irkutsk National Research Technical University
Russia, Irkutsk
olyastefanovskaya@mail.ru
Lontsikh P.A.
Doctor of Technical Sciences, Professor
Irkutsk National Research Technical University

Russia, Irkutsk
palon@list.ru

DEVELOPMENT OF A RISK MANAGEMENT MODEL IN INFORMATION SECURITY QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS

Abstract. The globalization of competition in modern conditions, increasing requirements for production flexibility to meet the personal preferences of consumers and the production of products to order – all these trends lead to increased uncertainty in the organizational environment in the company and the need to use risk-based management methods. At the same time, increasing the effectiveness of the quality management system presupposes the need to perform preventive actions based on planning, analysis and improvement of activities related to risks and opportunities.

Risk management becomes part of the management decision-making process, therefore, to improve the effectiveness of such decisions, it is necessary to improve the quality management system in the field of risk management.

The issue of information security is of high importance for the existence of modern enterprises. The information security management system is part of a comprehensive quality management system, which is based on the principles of enterprise risk assessment, used for the creation, implementation, operation and general improvement of information security (IS) as a whole. An increase in the number of attacks on information security and a decrease in the quality of managing large volumes of data have affected the work of enterprises, reducing their productivity. Because of this situation, it becomes possible to compare risk management principles and create a reliable information security risk management system.

In such conditions, it is necessary to develop a new methodology or method for ensuring information security risk management based on improving the basic principles of risk management.

Keywords: information security, risk management, quality management system, standards, damage minimization.

В современных условиях существенно возрастает роль научной тематики, связанной с разработкой теорий и методов анализа рисков. Ее целью является обеспечение безопасности, контроля качества, а главная задача – сформировать и обеспечить механизм для эффективного функционирования деятельности организации, принимая во внимание необходимость достижения основных стратегических целей в контексте минимизации последствий опасных ситуаций, то есть ведущей к сокращению рисков и ущербов.

Актуальность определения методов анализа рисков в задачах обеспечения информационной безопасности системы менеджмента качества и ее практического применения обусловлена:

- необходимостью разработки и внедрения концептуальных положений адаптивной динамической модели риск – менеджмента в организациях и компаниях;

- недостаточной разработанностью научной и методической базы риск-менеджмента в контексте построения системы менеджмента информационной безопасности (СМИБ);

- отсутствием общепризнанной концепции, инструментария, моделей риск-менеджмента в области информационной безопасности;

- необходимостью разработки методических и практических рекомендаций по формированию устойчивости системы риск-менеджмента СМИБ в условиях неопределенности развития рыночной конъюнктуры.

Рассматривая степень разработанности данной проблемы, были проанализированы научные труды таких ученых, как Баззел, И.А. Бланк, Р. Галлахер, Д. Кокс, Д.Купер, Г.Т. Абдрахманова, А.А. Асаула, С.Б. Богоявленова, В.К. Вяткина, В.А. Гранатуровой, А.Б. Дагаевой, И.И. Лившица, Р.М. Качалова. В работах перечисленных авторов отражены такие ключевые моменты, как анализ задач предприятий в контексте управления рисками ИБ, создание системы риск-менеджмента, методология исследования и принципы использования адаптивных моделей управления рисками, теоретические и экспериментальные исследования ученых в области риск ориентированных подходов к СМК.

Наша же задача состоит в необходимости разработки и усовершенствования теории формирования системы управления рисками ИБ для повышения эффективности управления рисками в целом.

В мире информационных технологий приоритетным выступает вопрос обеспечения целостности, надежности и конфиденциальности информации. Именно поэтому признание необходимости наличия на предприятии СМИБ является стратегически важным решением.

Суть мер по управлению рисками заключается в оценке их масштабов, разработке эффективных мер по снижению рисков и обеспечении того, чтобы риски были включены в приемлемые рамки. Для исследования минимизации рисков на предприятии авторы статьи предлагают использовать ситуационный и системный подходы, а также метод динамического программирования.

При использовании ситуационного подхода в рамках управления рисками ИБ следует учитывать родовидовую связь понятий «ситуация» и «система» и соответствующие взаимоотношения между ситуационным и системным подходами. С одной стороны, ситуацию возможно рассматривать как аспект системы и тогда ситуация выступает как определенное внутреннее или внешнее состояние системы, с другой стороны, сама система может оцениваться как определенный вид ситуации, а именно, устойчивая ситуация. В любом случае ситуационный и системный подходы имеют относительную самостоятельность и должны оцениваться как особые общенаучные (междисциплинарные) средства исследования, которые взаимосвязаны между собой. Взаимосвязь и отличия указанных подходов определяются следующими обстоятельствами:

1) ситуационный подход применим к несистемным и системным объектам, когда система еще не сложилась, когда она возникла и когда система распалась;

2) ситуационный подход способен характеризовать переходные состояния одной и той же системы, когда эти состояния качественно отличаются и не отличаются друг от друга;

3) ситуационный подход способен учитывать роль совокупности внешних и внутренних факторов, оказывающих влияние на систему, ее функционирование и развитие;

4) ситуационный подход применим к результату двух и более взаимодействующих систем, компоненты которых сочетаются случайным образом, не создавая еще новой устойчивой системы или образуя систему нового качества;

5) с помощью ситуационного подхода возможно оценивать внутренние и внешние состояния систем, направленность их процессов, временной и пространственно-граничный аспекты любой системы.

Применение динамического программирования также позволяет значительного сократить время нахождения оптимального решения самой задачи. Ключевая идея в динамическом программировании достаточно проста. Как правило, чтобы решить поставленную задачу, требуется решить отдельные части задачи (подзадачи), после чего объединить решения подзадач в одно общее решение.

Для решения задач СМК методом динамического программирования необходимы следующие исходные данные:

1) Состояние динамики: параметры, однозначно задающие подзадачу.

2) Значения начальных состояний.

3) Переходы между состояниями: формула пересчёта.

4) Порядок пересчёта (прямой или обратный).

5) Ответ на поставленную задачу: сумма или, например, максимум из значений нескольких состояний.

Оптимальная подструктура в динамическом программировании означает, что оптимальное решение подзадач меньшего размера может быть использовано для решения исходной задачи.

Задача поиска оптимальной траектории перехода из зоны повышенного риска в зону приемлемого риска включает подзадачи – выбор оптимального варианта перехода на каждом шаге, обеспечивающего минимальные затраты на изменение позиционирования в матрице рисков.

Система менеджмента информационной безопасности представляет собой некую часть всеобщей системы менеджмента качества, основанную на подходе оценки рисков для создания, внедрения, функционирования, а также улучшения информационной безопасности в целом.

Наиболее общее определение информационной безопасности дано стандартом ISO/IEC: «Информационная безопасность: сохранение конфиденциальности, целостности и доступности информации».

Для формирования основных требований к СМИБ стандарт определяет 3 ключевых показателя – это:

- оценка существующих рисков, с которыми может столкнуться компания

-компания должна соблюдать все законодательные и нормативные требования

- создание комплекса требований к обработке, хранению информации.

В стандарте представлена модель цикла PDCA (Plan-Do-Check-Act), которую можно применять при структурировании всех процессов СМК. На рисунке 1 показано, что СМИБ использует требования к информационной безопасности и ожидаемые результаты от заинтересованных сторон в качестве входных данных и с помощью необходимых действий и процессов может удовлетворить эти требования.

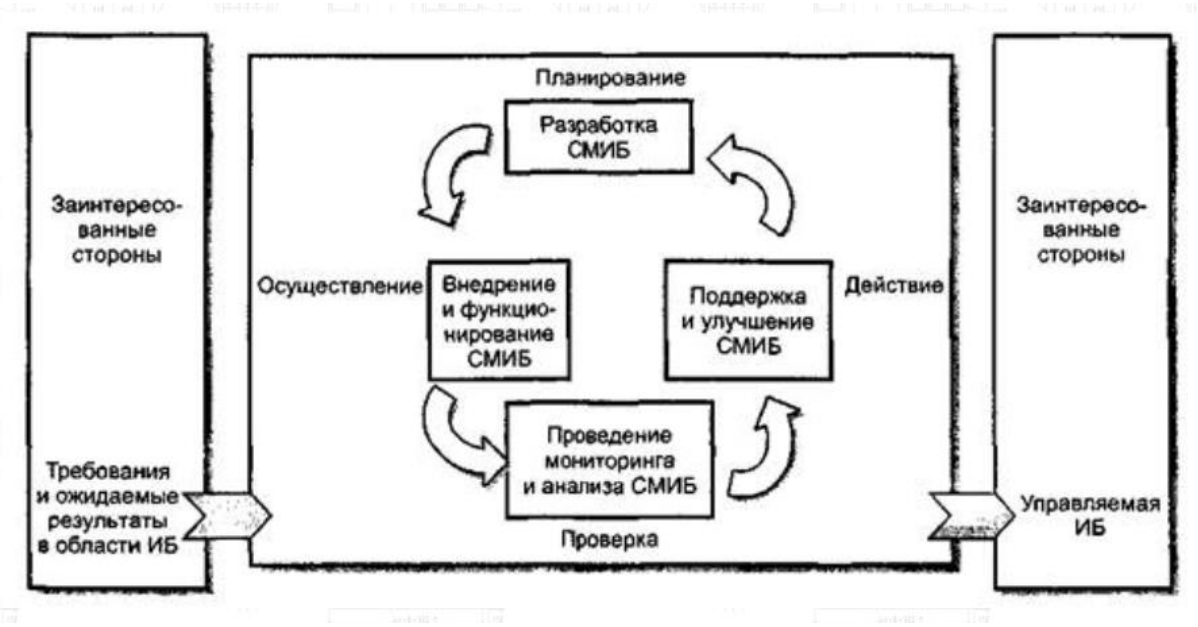


Рис. 1. Модель цикла PDCA для СМИБ

Принятие модели PDCA, установленной в директиве Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), также отражает принципы, определяющие безопасность информационных систем. Стандарт обеспечивает визуальную основу для эффективной реализации этих принципов, которые позволяют оценивать риски, разрабатывать и внедрять, управлять и переоценивать системы информационной безопасности.

В создании СМИБ выделяют следующие основные шаги:

• принятие решения директором компании о создании СМИБ, информирование персонала;

• подготовка к созданию СМИБ;

• анализ всевозможных рисков;

• разработка политики СМИБ;

• внедрение СМИБ в эксплуатацию;

• подготовка к процессу сертификации.

При вводе СМИБ в эксплуатацию задействуются все разработанные методики и инструменты, которые реализуют выбранные цели и средства управления (рис. 2).



Рис. 2. Основные механизмы СМИБ

Риски информационной безопасности связаны с нарушениями конфиденциальности, целостности и доступности информационных активов компании. Они являются, как правило, результатом промышленного шпионажа, саботажа, кибератак на информационные ресурсы, а также целевых атак на компьютеры организации.

Как известно, риск является неотъемлемой частью любой деятельности. Задача управления рисками с каждым годом все больше развивается и совершенствуется в деятельности различных отраслей. В настоящее время многие компании занимаются этим вопросом, учитывая необходимость адаптации принципов управления рисками к управлению рисковыми ситуациями. Именно поэтому, ситуационный метод является одним из наиболее перспективных методов в современной системе контроля качества. В области науки, образования, промышленности и управления люди все больше обращают внимание на использование ситуационных методов для решения проблем поддержки принятия решений и управления, а также связанные с ним методы ситуационного управления и ситуационного моделирования.

Ситуационное моделирование основано на системе, предназначенной для активации комбинации методов, использующих интуицию и экспертный опыт, а также метод формального представления системы. Ситуативное моделирование как метод управления бизнесом ситуативных методов рекомендуется для использования в таких системах, как управление информационной безопасностью. В случае формализации неполноценных процессов и объектов использование математических методов создания ситуационных моделей неправильно описывает законы объектов и их функции и делает их максимально приближенными к реальной ситуации. Ситуативное моделирование включает в себя сбор, накопление, мониторинг, ситуационный анализ, ситуативное моделирование, выбор лучших сценариев развития и графическое представление полученных результатов. Важным ситуационным моделированием является использование инструментов, позволяющих рассмотреть развитие динамических ситуаций.

Подходящим для решения проблем принятия решений в данных системах управления считается метод когнитивных карт, а также получающие свое развитие методы когнитивного моделирования. Методика когнитивного моделирования основывается на том, что на основе когнитивных моделей определяются всевозможные рациональные пути управления сложившейся ситуацией с целью перевода ее в состояние, близкое к заданному. Сценарный подход – основа когнитивного управления.

Ситуационное управление ИБ следует рассматривать, как целенаправленный процесс выработки и реализации управляющих воздействий, соответствующих состоянию объекта и окружающей среды и направленных на приведение объекта в заданное состояние. Объектом управления является состояние защищённости сетевых ресурсов, а управляемой величиной – риски ИБ. В интересах автоматизации процесса управления ИБ необходимо выделить и формально описать в цикле управления совокупность типовых задач: оценки состояния защищаемого объекта, формирования управляющего воздействия и реализацией данного воздействия.

Входящей информацией для ИБ, основанной на ситуационном подходе, будут внешние и внутренние факторы. Под внешними факторами подразумеваются:

- актуальные угрозы для информационных систем на текущий момент времени;
- требования нормативных правовых актов, регламентирующих защиту информации и деятельность организации;
- требования, организаций тем или иным образом осуществляющих взаимодействие с целевой организацией.

Под внутренними факторами подразумеваются:

- архитектура информационной системы, в которой производится обработка защищаемой информации, ее структурные и функциональные характеристики;
- уязвимости информационной системы, известные на сегодняшний день;
- цели и задачи руководства организации, а также методы достижения этих целей.

Оценка ситуации заключается в анализе рисков, определения политики и профилей защиты, с учетом всех факторов формирующих текущую ситуацию.

Таким образом, применение разработанной методологии позволит существенно повысить достоверность оценивания характеристик СМИБ, учитывая СМК, значительно сократив объёмы, сроки и затраты на проведение анализа состояния СМИБ, в результате обеспечить качество оценивания характеристик СМИБ, что в свою очередь является определяющим при оценке соответствия характеристик СМИБ требованиям ИБ организации и выработке решений о дальнейшем развитии ИБ.

Список литературы

1. Астахов А.М. Искусство управления информационными рисками. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 14 с.

2. Андреева А.В. Инструменты и технологии управления рисками снижения качества на основе процессного подхода // Пространство и риски. – 2020. – №1-2. – С. 39-45.

3. Балабанов И.Т. Риск-менеджмент / И.Т. Балабанов. – М.: Финансы и статистика, 2018. – 101 с.

4. Балдин К.В. Управление рисками / К.В. Балдин, С.Н. Воробьев. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2019. – 55 с.

5. Лившиц И.И. Обеспечение безопасности персональных данных в условиях дистанционного режима //Энергобезопасность и энергосбережение. 2022. – № 1. – С. 57-62.

Лонцих П.А.
д.т.н., профессор
ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»
Россия, Иркутск
palon@list.ru
Головина Е.Ю.
к.э.н., доцент
ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»
Россия, Иркутск
elena_uspeh@mail.ru
Федотова А.В.
аспирант
ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»
Россия, Иркутск
netsela@mail.ru
Евлоева М.В.
аспирант
ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»
Россия, Иркутск
malika-vahaevna2013@yandex.ru
Лонцих Н.П.
к.п.н., доцент
ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»
Россия, Иркутск
natalysib@list.ru

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ В КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Аннотация. В статье представлены результаты цифровой трансформации на предприятиях с учетом современных тенденций в области информационных технологий. Исследованы основные задачи для соблюдения баланса сетецентрических систем в концепции критериев устойчивого развития. Исследования показывают, что движущим механизмом

в процессе цифровизации может быть модель переход к Индустрии 4 в виде сетецентрического производственного рынка реализованной в концепции устойчивого развития ESG. В статье также представлены результаты синергетического баланса исследуемых систем и критериев.

Ключевые слова: цифровая трансформация; сетецентрическая система; Blockchain; ESG критерии; СМК.

Lontsikh P.A.
Doctor of Technical Sciences, Professor
Irkutsk National Research Technical University
Russia, Irkutsk
palon@list.ru
Golovina E.Yu.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Irkutsk National Research Technical University
Russia, Irkutsk
elena_uspeh@mail.ru
Fedotova A.V.
Postgraduate Student
Irkutsk National Research Technical University
Russia, Irkutsk
netsela@mail.ru
Evloeva M.V.
Postgraduate Student
Irkutsk National Research Technical University
Russia, Irkutsk
malika-vahaevna2013@yandex.ru
Lontsikh N.P.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Irkutsk National Research Technical University
Russia, Irkutsk
natalysib@list.ru

SYNERGIC BALANCE OF NETWORK-CENTRIC SYSTEMS IN THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Abstract. The article presents the results of digital transformation in enterprises, taking into account modern trends in the field of information technology. The main tasks for maintaining the balance of network-centric systems in the concept of sustainable development criteria are studied. Research shows that the driving mechanism in the digitalization process can be a model of transition to Industry 4 in the form of a network-centric production market implemented in the ESG concept of sustainable development. The article also presents the results of the synergetic balance of the studied systems and criteria.

Keywords: Digital transformation; network-centric system; Blockchain; ESG criteria; QMS.

Системы менеджмента качества (СМК) являются основой обеспечения соответствия продукции и услуг требованиям клиентов и нормативных актов. В последние годы концепция устойчивого развития стала все более важ-

ной для компаний, стремящихся минимизировать свое воздействие на окружающую среду, поддерживать социальную справедливость и обеспечивать экономическую жизнеспособность.

Сетецентрические системы становятся все более важными в концепции устойчивого развития, поскольку они позволяют организациям и заинтересованным сторонам сотрудничать и обмениваться информацией для решения сложных проблем устойчивости. Балансировка этих систем имеет решающее значение для обеспечения их эффективности и долговечности.

В российских высокотехнологичных компаниях практика имплементации принципов ESG менее развита, чем практика внедрения инструментов цифровой трансформации. Новые вызовы в реализации ESG-критериев предвещают многие факторы, а именно: сложности с привлечением иностранного финансирования с учетом санкций со стороны иностранных государств, переориентация экспорта на азиатский рынок, глобальная смена приоритетов, снижение объемов чистой прибыли и т. д.

Концепция устойчивого развития ESG – критериев основана на достижении трех основных элементов, а именно: environment (экология) – ответственное отношение к окружающей среде; social (общество) – высокая социальная ответственность; governance (управление) – высокое качество корпоративного управления [3,12].

Существует методология присвоения ESG рейтингов компаниям, заинтересованным в устойчивом развитии и это, является основным стимулятором для компаний, так как повышается инвестиционная привлекательность, рис. 1.

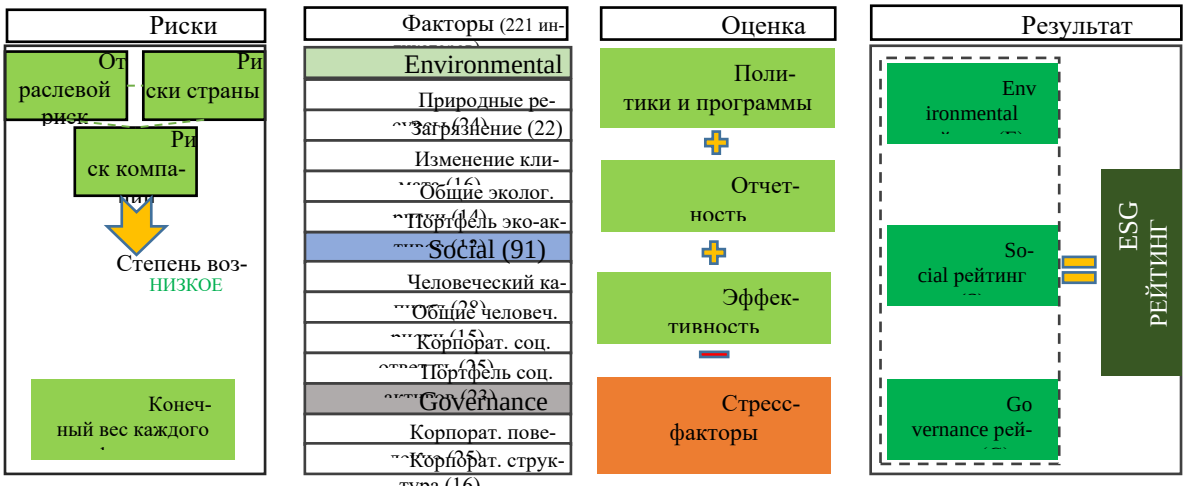


Рис. 1. Методология ESG оценки [12]

Отчетность по ESG и соблюдение требований к раскрытию информации имеют большое значение для регулирующих органов, инвесторов и потребителей. ESG концепция, хоть и признана важной для устойчивого развития и социальной ответственности организаций, также сталкивается с некоторыми проблемами и вызовами. Решение этих проблем требует усилий

со стороны компаний, регуляторов и всех заинтересованных сторон для разработки стандартизированных подходов к оценке и учету ESG критериев.

Развитость цифровых практик в России создает возможности для синергии баланса сетецентрических систем в концепции критериев устойчивого развития, что приведет к достижению наиболее значимых результатов как в области повышения операционной эффективности, так и в области устойчивого развития. Модернизация позволит установить осязаемые ориентиры для долгосрочного развития российских компаний.

Сетецентрические системы состоят из следующих ключевых компонентов, таких как «сеть» – инфраструктура, которая связывает заинтересованные стороны и позволяет им обмениваться информацией; «узлы» – организации, учреждения и отдельные лица, участвующие в сети; «данные» – информация, которой обмениваются заинтересованные стороны; «приложения» – инструменты и сервисы, которые позволяют заинтересованным сторонам взаимодействовать и сотрудничать.

Реализация сетецентрической архитектуры управления на базе цифровой платформы еще одна задача, которая стоит перед высокотехнологичными предприятиями. Движущим механизмом в этом процессе может стать модель перехода к Индустрии 4.0 в форме рынка сетецентрического производства [4] и, соответственно, выполнения государственных программ «Цифровая экономика Российской Федерации» и «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» [6]. Применение методов сетецентрического подхода в области управления показало свою эффективность. Ниже представлены результаты исследований, предлагаемых для рассмотрения на диссертационном совете ИРНИТУ.05.04, в рамках подготовки кадров высшей квалификации, в которых рассматривается построение сетецентрической модели управления предприятием на основе цифровой платформы, а также сформулированы и обоснованы подходы к решению задачи реализации сетецентрического управления предприятием [15]. Сетецентрический подход к управлению подразумевает передачу большего объема информации и полномочий нижним звеньям управления, позволяя им принимать собственные решения для достижения общих целей.

Для решения конкретных задач, ведущих к достижению цели, не обязательно использовать все подразделения группы. При этом для эффективного группового управления необходимо решить следующие подзадачи:

– Формирование активной части группы – кластера подразделений, сформированных для решения конкретной задачи.

– Оптимальное распределение функций и имеющихся ресурсов производственной системы между подразделениями группы в рамках их полномочий, а также перераспределение этих функций и ресурсов при изменении ситуации.

- Реализация функций подразделениями, входящими в кластер [8, 9].

Концепция сетецентрического подхода к управлению производственными системами во многом реализуется в рамках стратегии быстрореагирующего производства (Quick Response Manufacturing, QRM). Вместо традиционной цепочки производственных операций, QRM предлагает создание гибких ячеек, объединяющих независимые, сочетаемые и многофункциональные ресурсы для выполнения разнообразных операций (рис. 2).

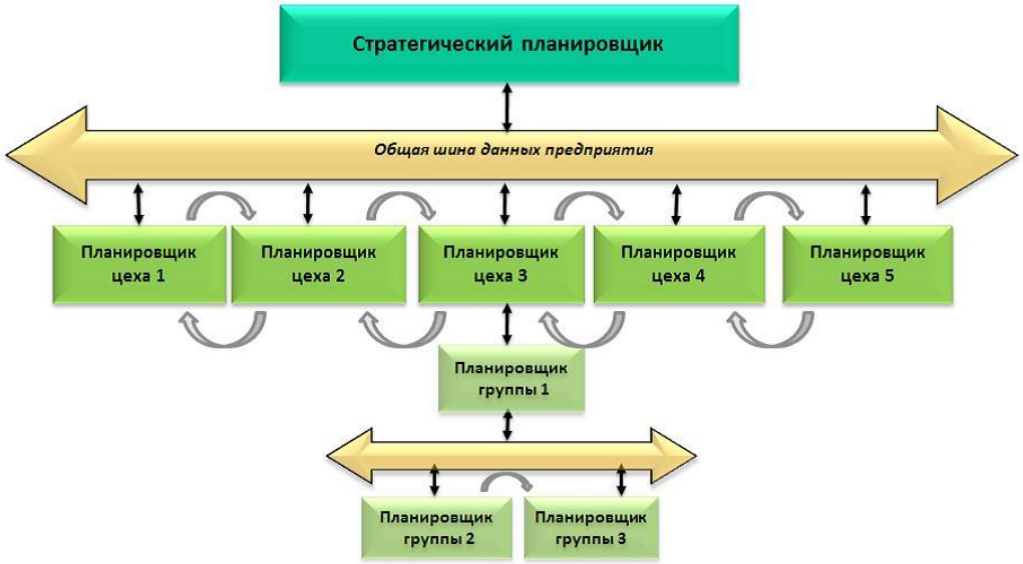


Рис. 2. Сетецентрическая архитектура распределенной интеллектуальной системы управления ресурсами предприятия в реальном времени

Баланс в сетецентрических системах достигается путем оптимизации взаимодействия между различными компонентами и заинтересованными сторонами. Важные аспекты баланса включают:

- Структурный баланс: Структура сети должна быть сбалансирована, чтобы гарантировать, что все заинтересованные стороны имеют равный доступ к информации и ресурсам;

- Функциональный баланс: Функции и обязанности сети должны быть четко распределены и сбалансированы между заинтересованными сторонами, чтобы избежать дублирования и пробелов;

- Баланс заинтересованных сторон: Различные заинтересованные стороны должны быть сбалансированы с точки зрения их интересов, власти и ресурсов, чтобы обеспечить справедливое и инклюзивное участие;

- Баланс данных: Данные, которыми обмениваются в сети, должны быть сбалансированы с точки зрения полноты, точности и своевременности, чтобы обеспечить надежное принятие решений;

- Баланс приложений: Приложения и сервисы, предоставляемые сетью, должны быть сбалансированы с точки зрения доступности, эффективности и совместимости.

Авторами представлены некоторые примеры сбалансированных сетецентрических систем для устойчивого развития включают:

- Глобальная сеть устойчивого развития (GSDS): GSDS представляет собой сеть, которая соединяет организации, экспертов и заинтересованные стороны, работающие над вопросами устойчивого развития, предоставляя платформу для обмена знаниями и сотрудничества;

- Платформа действий по устойчивому развитию (SAP): SAP – это многозаинтересованная сеть, которая объединяет правительства, предприятия, НПО и международные организации для совместного решения проблем устойчивого развития.

- Сетевая платформа знаний и инноваций по климату (CC-KIIP): CC-KIIP – это сетецентрическая система, которая предоставляет доступ к данным, инструментам и ресурсам, связанным с изменением климата, облегчая сотрудничество и обмен знаниями между исследователями, политиками и другими заинтересованными сторонами.

Сбалансированные сетецентрические системы обеспечивают ряд преимуществ для концепции устойчивого развития, табл.

Таблица

Преимущества сбалансированных сетецентрических систем для концепции устойчивого развития

Наименование	Характеристика
Повышенное сотрудничество	Заинтересованные стороны могут легко сотрудничать и обмениваться информацией, преодолевая географические и организационные границы
Улучшенное принятие решений	Доступ к разнообразным данным и перспективам позволяет заинтересованным сторонам принимать более обоснованные решения, основанные на коллективных знаниях
Повышенная эффективность	Сетецентрические системы могут оптимизировать процессы и устранять дублирование, что приводит к повышению эффективности и производительности
Увеличение инноваций	Сотрудничество и обмен идеями между заинтересованными сторонами способствуют инновациям и разработке новых решений для проблем устойчивого развития
Повышенная устойчивость	Сбалансированные сетецентрические системы повышают устойчивость, позволяя заинтересованным сторонам быстро реагировать на изменения и адаптироваться к новым вызовам

Обобщая изложенное, установим, что баланс сетецентрических систем имеет решающее значение для успешной реализации концепции устойчивого развития. Оптимизируя взаимодействие между различными компонентами и заинтересованными сторонами, сбалансированные сетецентрические системы могут улучшить сотрудничество, повысить эффективность принятия решений, стимулировать инновации и повысить устойчивость. Организации и заинтересованные стороны, работающие над вопросами устойчивого развития, должны стремиться создавать и поддерживать сбалансированные сетецентрические системы для достижения своих целей.

Список литературы

1. Паспорт научной специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства https://vak.minobrnauki.gov.ru/uploader/loader?type=17&name=92259542002&f=16315

2. CDIO standards. Materials of the round table "Standard of modern Engineering education" of the project session of ANO Agency for Strategic Initiatives to promote new projects. April 10, 2014. Yekaterinburg: LLC Azhur Publishing House, 2014, 32 p. (In Russ.)

3. Головина Е. Ю., Евлоева М.В. Повышение устойчивости лесопромышленной отрасли России в рамках развития внешнеторговой деятельности и в условиях становления цифровой экономики/ – 2022 – 164с// ISBN 978-5-8038-1745-1

4. Калужский М.Л., Индустрия 4.0: Институционализация рынка сетецентрического производства. Журнал: Стандарты и качество, №01, 2024, стр. 66-70. DOI: 10.35400/0038-9692-2024-1-118-23

5. Кораблев, А.В. Инновационные цифровые технологии Juran управления качеством // Национальная концепция качества: государственная и общественная защита прав потребителей: сборник тезисов докладов международной научно-практической конференции / под редакцией д.э.н., проф. Е.А. Горбашко. / А.В. Кораблев, О.В. Калимуллина. – СПб.: Изд-во КУЛЬТИНФОРМ-ПРЕСС, 2019. – С. 155-157.

6. Олейников, А.Я. Основные положения концепции обеспечения интероперабельности сетецентрических информационно-управляющих систем / А.Я. Олейников, Д.В. Растягаев, И.А. Фомин // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. – 2020. – № 3. – С. 122-131.

7. Трахтенгерц, Э.А. Использование сетецентрического принципа самосинхронизации в управлении / Э.А. Трахтенгерц // Открытое образование. – 2015. – № 2 (109). – С. 15-23.

8. Трахтенгерц Э.А. (2013). Использование двух сетецентрических принципов модификации экономических целей и стратегий в кризисной ситуации // Управление в социально-экономических системах. Т. 45.

9. Юдицкий С.А., Владиславлев П.Н., Точ Д. (2010). Триадный подход к моделированию систем сетецентрического управления // Управление большими системами. № 28.

10. Derluguian G.M. (2010). Adept Bourdieu in the Caucasus (chapters from the book). Political Conceptology: Journal metadistsiplinarnyh research. No. 3. P. 317. (In Russian.)

11. Chen G.Z., Fray D.J., Farthing T.W. Direct electrochemical reduction of titanium dioxide in molten calcium chloride// Nature. 2000. V. 407. P. 361–364

12. Lontsikh P.A., Golovina E.Y., Evloeva M.V. Implementation of ESG Sustainable Development Concept Criteria Using the Robust Design Methods. 2023

13. Ream J., Chu Y., Schatsky D. Schatsky. Upgrading blockchains: Smart contract use cases in industry // Deloltte Univercity Press. – 2016 – p. 1−11.

14. Reduction of TiCl4 Gas by Ca Dissolved in Molten Calcium Chloride./ Takayuki Naito, Ryosuke O.Suzuki, Yoichi Tomii.// Science and Technology. 2007. p. 103-106.

15. Уязвимости периметра корпоративных сетей [Электронный ресурс]. https://www.ptsecurity.com

Абророва З.М.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
zarina.abrorova@mail.ru
Научный руководитель: ***Адылина А.П.***
к.т.н., доцент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
dmitr1eva@mail.ru

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА В ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация. Существующие методы управления рисками в высокотехнологичном производстве требуют дополнительного совершенствования. Предлагается методический подход к построению системы управления рисками на предприятиях высокотехнологичной отрасли. Одной из ключевых задач является оценка рисков. В статье описывается алгоритм управления рисками при производстве высокотехнологичной продукции, включающий количественную оценку рисков.

Ключевые слова: риски, высокотехнологичное производство, риск менеджмент, управление рисками.

Abrorova Z.M.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia Moscow
zarina.abrorova@mail.ru
Scientific supervisor: ***Adylina A.P.***
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow Polytechnic University
Russia Moscow
dmitr1eva@mail.ru

FORMATION OF A RISK MANAGEMENT SYSTEM IN HIGH-TECH PRODUCTION

Abstract. Existing risk management methods in high-tech production require additional improvement. A methodological approach to building a risk management system at enterprises in the high-tech industry is proposed. One of the key tasks is risk assessment. The article describes an algorithm for risk management in the production of high-tech products, including a quantitative assessment of risks.

Keywords: risks, high-tech production, risk management, risk management.

Высокотехнологичные производства – это фундамент безопасности страны, они занимают важную роль в развитии экономики и обеспечении ее

конкурентоспособности. Работа таких предприятий в условиях санкционных ограничений, экономической нестабильности и прочих негативных факторов требует эффективной системы управления рисками.

Актуальность исследованной проблематики подтверждается чем что формирование системы риск-менеджмента в высокотехнологичном производстве является важным шагом для обеспечения устойчивого развития таких предприятий в отечественной экономике и повышения их конкурентоспособности на мировом рынке.

Научная значимость. Результаты исследований по этой теме могут способствовать повышению эффективности высокотехнологического производства.

Изучению вопросов управления рисков высокотехнологичной отрасли посвящены труды: Е.В. Бутрова, Е.Ф. Авдокушина, Е.Г. Кузнецовой, А.Н. Лебедева, И.А. Бланка, В.Н. Вяткина, В.А. Гамзы, Д.Д. Хэмптона, Н.А. Пименова, Д. Гэлаи, М. Кроуи, В. Б. Минасяна, Дж. Айала-Круз, Р. Марка и других. Вместе с тем специфика рисков высокотехнологичной отрасли российских компаний и механизмы управления данными рисками с учетом особенностей современных глобальных вызовов и экономических санкций не раскрыты, поэтому требуется анализ и поиск новых подходов к решению данной проблематики.

Рискориентированная система управления (Risk-oriented management system) – это инструмент, который позволяет определять, измерять и управлять рисками, связанными с деятельностью высокотехнологичных производств. Такие риски включают в себя, финансовые, операционные, репутационные, связанные с несоблюдением правил и нормативных требований, риски, связанные с безопасностью и другие.

Управление рисками – это процесс «выявления, анализа и реагирования на риски, с которыми сталкивается организация и которым она подвержена. Затраты на внедрение этой системы зависят от методов, используемых для управления непредвиденными событиями».

Рискориентированная система управления позволяет компании работающим в секторе высокотехнологичных производств эффективно управлять рисками и минимизировать их последствия. Она включает в себя следующие шаги, представлены на рисунке.

Ключевое значение имеет баланс между управлением рисками и бизнес-результатами. Рискориентированная система управления должна создавать условия для роста и развития компании, сохраняя при этом баланс между рисками и возможностями. Она должна обеспечить защиту интересов компании высокотехнологичных производств и ее заинтересованных сторон, а также обеспечить соблюдение правил и нормативных требований, повысить эффективность производственных процессов и минимизировать потери.



Рис. Этапы формирования рискориентированной системы управления

Выбор рискориентированной системы управления компанией высокотехнологичных производств является результатом практики функционирования таких производств, стремящихся обеспечить экономическую и финансовую устойчивость развития в экономике, минимизировав возможные риски.

Оценивая особенности управления рисками высокотехнологичных производств в Российской Федерации, следует выделить специфические особенности их деятельности на рынках:

1. Высокая стоимость российских высокотехнологичных производств создает потребность максимально минимизировать риски их деятельности на рынках.

2. Стратегическая значимость высокотехнологичных производств заметно возросла в период специальной военной операции, когда их продукция становиться более востребованной для оборонно-промышленного комплекса, и других отраслей народного хозяйства.

3. Социальная значимость высокотехнологичных производств имеет большое значение не только для России, но и экономики зарубежных стран входящих в интересы российских холдингов, и ухудшение их работы может повлечь рост социальной напряженности в различных регионах мира. В частности, активное продвижение российских высокотехнологичных производств

на рынки развивающихся стран Африки, Азии и Латинской Америки создают условия для укрепления экономического сотрудничества на международной арене, когда около 50 стран ввели санкции против Российской Федерации.

Положительным фактором с точки зрения финансовых рисков, выступает то обстоятельство, что для российских высокотехнологичных производств характерен высокий уровень концентрации активов в собственности небольшого числа акционеров.

Особенности организации деятельности российских высокотехнологичных производств формируют специфические риски, к числу которых можно отнести следующие группы рисков, которые необходимо учитывать при осуществлении деятельности. Опираясь на базовые положения теории жизненных циклов прежде всего следует выделить рисками компаний высокотехнологичных производств Российской Федерации, которые мы предлагаем разделить на следующие группы:

- риски выбора направления развития бизнеса;
- риски разработки и освоения рынков;
- риски внедрения на рынках;
- риски стадии роста;
- риски стадии зрелости;
- риски стадии спада.

Характеристика данных финансовых рисков представлена в таблице 1.

Таблица 1

Основной состав рисков в зависимости от стадии жизненного цикла, производимого продукта на рынках

Стадия жизненного цикла продукта	Возможные риски
Выбор направления	Риски рыночной конъюнктуры Риски выбора целевого сегмента рынка Риски выбора объекта инвестирования средств
Разработка	Риски возникновения дополнительных затрат Риски квалификации исполнителей Риски защиты продукции
Внедрение	Маркетинговые риски Риски стратегии продаж Международные риски
Стадия роста	Риски наличия производственных мощностей и оборотных средств. Риски снабжения ресурсами Риски качества выпускаемой продукции
Стадия зрелости	Риски снижения конкурентоспособности Риски адаптационного потенциала Риски операционных издержек
Стадия спада	Риски платежеспособности Риски финансовой устойчивости Риски банкротства

Комитет Профессиональной Ассоциации Регистраторов, Трансфер-Агентов и Депозитариев определил несколько способов, которые могут применяться для оценки эффективности системы управления рисками высокотехнологичных производств:

– «Оценка соответствия системы управления рисками принципам и компонентам COSO ERM.

– Оценка эффективности системы управления рисками на основе показателей системы управления рисками, разработанных организацией.

– Оценка эффективности посредством анализа результативности деятельности по выявлению нарушений ограничений рисков и их устранению.

– Оценка эффективности управления путем сопоставления выявленных рисков с установленными допустимыми уровнями рисков или по установленным организацией простым критериям эффективности, например, по количеству в течение года однотипных ошибок сотрудников организации – реализовавшихся рисков.

– Оценка эффективности системы управления рисками, включая такие элементы как оценка затрат на финансирование системы управления рисками; фактических убытков от реализации рисков и возможных потенциальных убытков.

– Оценка эффективности системы управления рисками, построенная на анализе NPV (чистая приведенная стоимость), учитывая ее изменение в зависимости от функционирования системы управления рисками (эффективность внедрения системы управления рисками определяется как разница между NPV, рассчитанной с учетом и без учета функционирования системы управления рисками) и другие».

Таким образом оценка эффективности системы управления рисками – важный процесс для компаний высокотехнологичных производств, направленный на обеспечение безопасности и стабильности их деятельности. Комитет Профессиональной Ассоциации Регистраторов, Трансфер-Агентов и Депозитариев предложил несколько способов оценки эффективности системы управления рисками, основанных на анализе различных показателей, таких как: соответствие принципам COSO ERM, результативность деятельности по выявлению и устранению рисков, сопоставление выявленных рисков с установленными допустимыми уровнями рисков и т.д. Каждый из этих методов может быть применен в зависимости от особенностей и потребностей конкретной компании.

Методологической основой первого метода оценки управления рисками выступает для компании высокотехнологичных производств методология COSO ERM – «Управление рисками организации – интегрированная модель». Данная методология создает условия для формирования рискориентированной системы управления компанией высокотехнологичных производств, которая направлена на решения комплекса целевых задач, включая выявление проблемных элементов в управлении финансовыми рисками,

устранение некорректных процедур организации управлении финансовыми рисками, совершенствование всей системы управления рисками.

В качестве критерия эффективности используют соответствие основных элементов систем управления рисками ведущих высокотехнологичных компаний с учетом опыта их деятельности. Благодаря применению предлагаемой методологии эффективность процесса управления рисками включает: «оценку наличия и функционирования восьми компонентов управления рисками, внутренняя среда; постановка целей; определение событий; оценка рисков; реагирование на риски; средства контроля; информация и коммуникация; мониторинг».

Данная методология активно применяется в рамках рискориентированной системы управления высокотехнологичной компанией.

Проведенный в работе анализ современных стандартов управления позволяет сделать выводы об целесообразности их использования при создании рискориентированной системы управления высокотехнологичной компании. Результаты проведенного комплексного анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительный анализ возможности применения рискориентированной системы управления высокотехнологичной компании с учетом международных стандартов

Критерии сопоставления	Стандарт COSO	Стандарт ISO 31000	Стандарты FERMA
Практическая применимость	Нужна адаптация рискориентированной системы управления к системе управления и бизнес процессам высокотехнологичной компании	Нужна разработка методологии, определяющей систему управления рисками и интеграцию риск ориентированной системы управления	Нужна разработка специальной методологии, описывающей процесс и инфраструктуру риск ориентированной системы управления
Механизм управления рисками	Определяет систему управления рисками, включая роли и полномочия основных участников, подробно прописан процесс риск менеджмента	Подробно раскрыта инфраструктура и процессы риск менеджмента. Определена ответственность менеджмента и заинтересованных сторон	Подробно описаны только роли и полномочия ключевых участников риск менеджмента
Организация риск ориентированной системы управления	Риск менеджмент рассматривается как самостоятельный процесс	Риск ориентированная система управления заявлена, но не раскрыт механизм ее реализации	Система управления рисками как самостоятельный элемент
Оценка эффективности риск-менеджмента	Не определены критерии оценки эффективности риск менеджмента	Даны критерии эффективной системы управления рисками	Отсутствует понятие «риск-доход», нет подходов по организации эффективного управления рисками

Как видно из таблицы 2 для формирования рискориентированной системы управления высокотехнологичной компании наиболее подходит

ГОСТ Р ИСО 31000, который позволяет осуществлять эффективность деятельности высокотехнологичной компании с учетом организации управления рисками, реализуемых в рамках данного стандарта.

Рискориентированная система управления высокотехнологичной компанией помогает руководству принимать управленческие решения на основе процедуры анализа и оценки рисков на всех уровнях управления и во всех областях деятельности компании. Это крайне важно для высокотехнологичных компаний, поскольку в процессе высокотехнологичного производства необходимо осознавать все значимые риски и оценивать последствия их воздействия на результат деятельности компании. Причем в условиях современной высокой неопределенности важно своевременно принимать корректирующие меры, адекватно поступающим внешним сигналам.

Рискориентированная система управления высокотехнологичной компанией в рамках управления рисками направлена на достижение следующих целевых задач:

1. На рынках высокотехнологичной продукции необходимо адекватное принятие управленческих решений с учетом значимости финансового риска;

2. Свободный обмен информацией о рисках высокотехнологичной компании должен учитывать специфику раскрытия информации, при этом в рамках кросс-менеджмента необходимо достигать своевременного и качественного исполнения мероприятий по предотвращению рисков.

3. Управление рисками высокотехнологичной компании должно быть основано на постановке правильных долгосрочных ориентиров и принятии взвешенных управленческих решений. Для этого система риск-менеджмента должна является частью общей системы управления компанией.

Рискориентированная система управления высокотехнологичной компанией позволяет встраивать механизмы управления рисками в общую систему управления компании. Благодаря этому компании, применяющие рискориентированную систему управления, имеют существенные преимущества с точки зрения экономии затрат, тем самым добиваясь конкурентных преимуществ.

Важно отметить, что рискориентированная система управления высокотехнологичных производств позволяет избежать внедрения дополнительных процедур и увеличения издержек за счет акцентирования внимания на уже существующих процедурах, предотвращения значимых рисков.

Выводы.

Высокотехнологичные производства в настоящее время сталкиваются с глобализацией и усиливающейся конкуренцией, что накладывает на них высокие риски. Чтобы учитывать эти риски и создавать новые бизнес-модели, компании используют инновационный подход к управлению, который стимулирует развитие таких производств и повышение конкурентоспособности на рынке. Этот подход позволяет учитывать изменения и рассчитывать последствия принимаемых решений, что помогает компаниям достигать своих

целей более эффективно. В результате, компании высокотехнологичных производств становятся более успешными и прибыльными, что обеспечивает их дальнейшее развитие и рост.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 Национальный стандарт Российской Федерации // Менеджмент риска. Принципы и руководство. Risk management. Principles and guidelines. ОКС 03.100.01 // URL: https://docs.cntd.ru/document/1200170125 (дата обращения: 25.04.2024).
2. Айала-Круз, Дж. Планирование рисков проекта при разработке новых высокотехнологичных продуктов // Academia Revista Latinoamericana de Administración, Vol. 29 № 2, (2016), стр. 110–124. https://doi.org/10.1108/ARLA-11-2015-0297.
3. Бизнес-модели и стратегии развития современных организаций: монография /Кугушева Т.В., Новицкая А.И., Анипко Д.В., Майстренко О.А. – М.: Изд-во: ООО «КноРус», 2019. – 534 с.
4. Бутрова Е.В. Подходы к управлению рисками в высокотехнологичной промышленности в обеспечение реализации проектов по созданию продукции гражданского назначения // ЭПП. 2021. №3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/podhody-k-upravleniyu-riskami-v-vysokotehnologichnoy-promyshlennosti-v-obespechenie-realizatsii-proektov-po-sozdaniyu-produktsii (дата обращения: 25.04.2024).
5. Основы риск-менеджмента / Д. Гэлаи, М. Кроуи, В. Б. Минасян, Р. Марк. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 390 с.
6. Руководство по управлению рисками – URL: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1680780664&tld=ru&lang=ru&name=Rukovodstvo-po-upravleniyu-riskami.pdf&text (дата обращения: 20.04.2024).

Прыткова Е.А.
старший преподаватель
Тихоокеанский государственный университет
Россия, Хабаровск
evgeniafru@yandex.ru
Давыдов В.М.
д.т.н., профессор
Тихоокеанский государственный университет
Россия, Хабаровск
davellut@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ РЕИНЖИНИРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Аннотация. В статье рассматривается, как подходы BPR и TQM, ориентированные на потребности клиентов и оптимизацию процессов, могут быть эффективно реализованы в рамках одной организационной структуры. Также анализируется возможность интеграции методологий управления качеством (TQM) и реинжиниринга бизнес-процессов (BPR) на производственных предприятиях. В современных условиях крайне важно иметь высокую конкурентоспособность для успешного выступления на рынке. Такое сочетание

может не только улучшить качество конечного продукта, но и трансформировать процессы, лежащие в основе его создания, стимулируя при этом коллаборативную работу различных подразделений и команд. Основываясь на теоретических основах и исследованиях, авторы рассматривают как совместное применение TQM и BPR может улучшить ключевые показатели эффективности, несмотря на их концептуальные различия в подходах к управлению и оптимизации процессов.

Ключевые слова: управление качеством; реинжиниринг бизнес-процессов; производительность; коллаборативная работа; клиентоориентированность.

Prytkova E.A.
Senior Lecturer
Pacific State University
Russia, Khabarovsk
evgeniafru@yandex.ru
Davydov V.M.
Doctor of Technical Sciences, Professor
Pacific State University
Russia, Khabarovsk
davellut@mail.ru

FEATURES OF THE REENGINEERING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES BASED ON THE IMPLEMENTATION OF A QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Abstract. The article examines how the BPR and TQM approaches, focused on customer needs and process optimization, can be effectively implemented within the same organizational structure. The possibility of integrating quality management (TQM) and business process reEngineering (BPR) methodologies in manufacturing enterprises is also analyzed. In modern conditions, it is extremely important to have high competitiveness for successful performance in the market. Such a combination can not only improve the quality of the final product, but also transform the processes underlying its creation, while stimulating the collaborative work of various Departments and teams. Based on theoretical foundations and research, the authors consider how the joint application of TQM and BPR can improve key performance indicators, despite their conceptual differences in approaches to process management and optimization.

Keywords: quality management; business process reEngineering; productivity; collaborative work; customer orientation.

В современной экономической среде, характеризующейся высоким уровнем конкуренции и стремительно меняющимися технологиями, предприятия сталкиваются с необходимостью постоянного улучшения своих процессов и продукции для удовлетворения потребностей клиентов и укрепления своих рыночных позиций. В этом контексте особенно актуальными становятся стратегии, такие как реинжиниринг бизнес-процессов (Business Process ReEngineering, BPR) и системы управления качеством (Total Quality Management, TQM), которые направлены на радикальное улучшение организационной эффективности и качества продукции.

Цель данной статьи – исследовать особенности проведения реинжиниринга технологических процессов на основе внедрения систем управления качеством.

TQM представляет собой корпоративную стратегию по оптимизации организационных процессов. Эта система не ограничивается лишь теоретическими построениями; она активно внедряется в практику управления бизнесом. Основная цель TQM заключается в повышении уровня удовлетворенности потребителей и совершенствовании рабочих процессов. Эта концепция применяется для разработки стратегических планов организации, исходя из потребностей клиентов. В условиях экономических трудностей 1980-х годов многие западные компании начали активно искать пути улучшения своих услуг и процессов производства. В рамках этих усилий были реализованы различные инициативы для улучшения производственных и сервисных операций. Однако, к сожалению, применение таких мер в изоляции от других подходов часто приводило к ограниченным и трудно оцениваемым в стратегическом аспекте результатам. Несмотря на то что некоторые компании продолжают использовать методы TQM для улучшения своих процессов, результаты зачастую бывают лишь частичными или временными. В действительности многие из этих усилий могут лишь создавать видимость решения проблемы, в то время как на самом деле проблема просто перемещается в другую область [1].

TQM может включать в себя различные инициативы по улучшению, но её уникальность заключается в общей интеграции этих усилий. Отличительной чертой TQM является то, что все улучшения взаимосвязаны, создавая эффект синергии, который распознается и используется для стимулирования дополнительных улучшений. Этот процесс является непрерывным и взаимоподдерживающим. Принципиальное различие TQM от других подходов к улучшению качества заключается в том, что он не ограничивается отдельными аспектами, а охватывает все аспекты деятельности организации, обеспечивая взаимную поддержку изменений в различных областях и возможность стратегической оценки результатов. В рамках TQM подход к качеству пронизывает все бизнес-функции, а не ограничивается только производственными процессами [3].

BPR представляет собой глубокий анализ и радикальное преобразование существующих бизнес-процессов. В процессе BPR применяются специализированные инструменты для анализа и решения проблемных вопросов, целью которого является повышение эффективности производственной, управленческой и финансовой деятельности. Реинжиниринг бизнес-процессов включает в себя две ключевые стадии:

- формулирование идеального образца бизнес-процесса;
- выбор и применение наиболее эффективного способа для трансформации текущего процесса в идеальный, с учетом времени, ресурсов и других факторов [1].

На основе анализа многочисленных источников и проведенных исследований высказывается предположение о возможности интеграции и совместного применения методологий TQM и BPR в рамках одного производственного предприятия. Исследователи утверждают, что совместное использование этих подходов может привести к значительному улучшению ключевых показателей эффективности работы предприятия. Для подтверждения этой гипотезы был проведен анализ теоретических основ соответствующих областей. В ходе исследования были рассмотрены процессы улучшения, применение инструментов и методик управления качеством, с акцентом на методологиях TQM и BPR. Анализ направлен на выяснение, как организации могут достигать улучшений в ключевых показателях своей деятельности и каким образом, возможно, эффективно реализовать эти две методологии в рамках одной структуры. Исследование также обращалось к оценке реальности совместного применения TQM и BPR в одной организации [4].

Основополагающим аспектом для достижения успеха на производственных предприятиях является акцент на процессах и их постоянное совершенствование, что в конечном итоге способствует повышению общей производительности бизнеса. В рамках всего жизненного цикла любые бизнес-процессы, преобразующие входные данные в продукт, должны обеспечивать высокий уровень надежности. В современных условиях крайне важно иметь высокую конкурентоспособность для успешного выступления на рынке. Улучшение производительности предприятий с помощью процессного подхода может быть достигнуто через применение двух известных методик: реинжиниринга бизнес-процессов (BPR) и комплексного управления качеством (TQM). Применение TQM или BPR может привести к значительным улучшениям, однако множество исследований показывают, что интеграция этих стратегий может дать более значительные результаты, чем их раздельное использование [7].

Данное исследование базируется на анализе научных публикаций отечественных и международных экспертов в области реинжиниринга бизнес-процессов и управления качеством. Методологии TQM и BPR являются клиентоориентированными, предполагая повышение удовлетворенности и лояльности клиентов. Эти подходы стимулируют компании к взгляду на операционную деятельность через призму потребностей и ожиданий клиентов, в отличие от традиционной ориентации на интересы руководства. Кроме того, TQM и BPR сосредоточены на оптимизации бизнес-процессов, целясь не только улучшить качество конечного продукта, но и трансформировать процессы, лежащие в основе его создания. Оба подхода также акцентируют внимание на коллаборативной работе, предполагая тесное взаимодействие между различными подразделениями и командами внутри организации [2].

В большинстве случаев проекты BPR инициируются с верхних уровней управления, так как внедрение BPR предполагает радикальные изменения в организационной структуре, что неизбежно вызывает сопротивление со сто-

роны персонала. В этом контексте ключевую роль играет поддержка и активное участие высшего руководства. В отличие от BPR, TQM может применяться как в рамках нисходящего, так и восходящего подходов.

Основные концептуальные различия между TQM и BPR заключаются в их предпосылках относительно существующих практик и систем. TQM исходит из предположения, что текущие системы и практики в основном корректны и функциональны, целью же TQM является их дальнейшее усовершенствование. В контрасте с этим, BPR основывается на предпосылке, что существующие системы неэффективны и требуют кардинальной переработки или полной замены. В то время как TQM нацелен на постепенное и непрерывное улучшение, BPR стремится достичь значительных и резких улучшений в короткие сроки [8].

В контексте TQM акцентируется внимание на универсальном вовлечении всех заинтересованных сторон, включая не только внутренние, но и внешние группы, такие как поставщики и клиенты. Такой подход предполагает интеграцию и активное участие всех аспектов деятельности компании, охватывая такие сферы как управление персоналом, обработка заказов, производственные процессы, маркетинг и клиентский сервис. В отличие от этого, BPR ограничивает своё применение специфическими секторами или процессами внутри организации, центрируя управленческие усилия на определённых областях для достижения значительных улучшений.

Также, в контексте TQM, стандартизация процессов выступает как один из фундаментальных принципов. Основная цель TQM заключается в достижении стандартизации рабочих практик, что обеспечивает предсказуемость и стабильность операционной деятельности. Это также подразумевает наличие определенного уровня документирования процессов в рамках системы TQM для поддержания качества и последовательности выполнения работ.

Подводя итоги настоящего исследования необходимо отметить, что интеграция TQM и BPR позволяет организациям повысить удовлетворенность клиентов, улучшить показатели эффективности, качество продукции и оптимизировать процессы за счет коллаборации подразделений. Реинжиниринг процессов на основе TQM является не только операционной стратегией, но и элементом устойчивого развития компаний в конкурентной среде. Тем не менее, успешное внедрение данного подхода требует тщательного планирования, вовлечения и обучения персонала, а также приверженности высшего руководства принципам постоянного совершенствования. Кроме того, необходимо учитывать специфику отрасли и организационной культуры для эффективной адаптации методологий TQM и BPR к конкретным условиям предприятия.

Список 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: 26.04.2024).

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: 26.04.2024).

3. Салтанова, Т. А. Межфункциональное взаимодействие TQM и BPR в повышении эффективности бизнес-процессов / Т. А. Салтанова, И. А. Митина, Э. А. Челышева // Финансовые исследования. – 2020. – №4 (69). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/mezhfunktsionalnoe-vzaimodeystvie-tqm-i-bpr-v-povyshenii-effektivnosti-biznes-protsessov (дата обращения: 26.04.2024).

4. Dihardjo, Djojo Total Quality Management: A Review of Recent Trend / Djojo Dihardjo, Lena Ellitan // 2394-9333. – 2021.

5. Martonová, Ivana. The integration of TQM and BPR / Ivana Martonová // Quality Innovation Prosperity. – 2013. – Vol. 17. – P. 10.12776/qip.v17i2.186.

6. 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.

7. Егорова, А.О., Романовская Е.В., Повалёва Ю.А. Роль системы управления качеством продукции в повышении конкурентоспособности предприятия машиностроения // Финансовая экономика. – 2019. – №4. – С. 386-388.

8. Жариков, Р.В. Процессный подход к инновационному обеспечению управления качеством машиностроительной продукции // Организатор производства. – 2019. – С. 59-65.

Яковлева А.С.
аспирант
НИТУ МИСИС
Россия, Москва
proshkino@mail.ru
Научный руководитель: ***Шпер В.Л.***
к.т.н., доцент
НИТУ МИСИС
Россия, Москва
vlad.shper@gmail.com

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕГУЛЯРНОГО МЕНЕДЖМЕНТА

Аннотация. В данной статье рассмотрен пример формирования системы глубинных знаний путем стандартизации практик регулярного менеджмента тем самым обеспечив соблюдение 14 принципов менеджмента, устранение смертельных болезней и преодоление препятствий.

Ключевые слова: практика регулярного менеджмента, система глубинных знаний, принципы менеджмента, смертельные болезни, препятствия.

Yakovleva A.S.
Postgraduate Student
NUST MISIS

Russia, Moscow
proshkino@mail.ru
Scientific Advisor: ***Shper V.L.***
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
NUST MISIS
Russia, Moscow
vlad.shper@gmail.com

THEORETICAL AND PRACTICAL PRINCIPLES OF REGULAR MANAGEMENT

Abstract. This article discusses an example of the formation of a system of profound knowledge by standardizing regular management practices, thereby ensuring compliance with the 14 points of management, eliminating deadly diseases and overcoming obstacles.

Keywords: regular management practice, the system of profound knowledge, points for management, deadly diseases of management.

В предыдущих статьях [1, 2] авторами была рассмотрена сущность практик регулярного менеджмента (ПРМ) и их роль в изменении культуры организации, а также проведен анализ ПРМ через призму системы глубинных знаний (СГЗ) Деминга. В данной статье предлагается рассмотреть пример формирования СГЗ путем стандартизации ПРМ обеспечив соблюдение 14 принципов Деминга, устранив смертельные болезни и преодолев препятствия (нумерация принципов, смертельных болезней и препятствий соответствует порядку, в котором они изложены в работе [3]). Для этого в рамках статьи рассмотрим, что из себя представляет СГЗ и обратимся к опыту применения ПРМ в изученных нами российских компаниях.

СГЗ состоит из четырех связанных друг с другом компонентов [4]: понимание системы, знание о вариациях, теория познания и психология. Все четыре компонента связаны друг с другом и их нельзя разделить, поскольку они взаимодействуют друг с другом. Если обратиться к рисунку [5], можно отметить, что СГЗ существует в полной мере лишь в области пересечения всех кругов. В других областях отсутствует тот или иной компонент системы, что «разрушает целостность» системы глубинных знаний [5]. Например, знание психологии нельзя назвать полным без знаний о вариациях. Так специалист по работе с персоналом должен понимать, что все сотрудники разные и результат трудовой деятельности каждого из них зависит от системы, в которой они работают.

Система в понимании Деминга – это «*сеть взаимозависимых компонентов, работающих вместе для достижения общей цели*» [4]. Чем сильнее зависимость компонентов друг от друга, тем сильнее проявляется потребность в общем менеджменте. Системы нуждаются в управлении [6]. Для управления системой необходимо понимать ее свойства и последствия процессов, как исполняемые внутри системы, так и оказывающих внешнее воз-

действие на систему. Возможные взаимодействия исполняемых внутри системы процессов определяются тем, как воздействие в одной части системы проявляются в других ее частях.

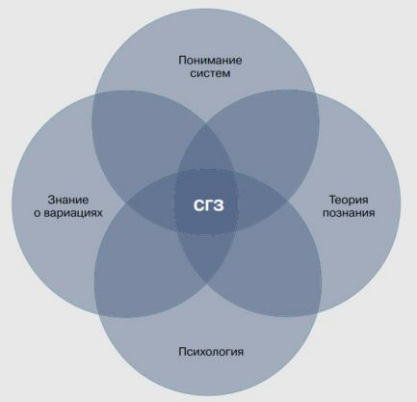


Рис. СГЗ доктора Деминга в виде диаграммы Венна [5]

Что касается воздействий извне, о них мало что можно сказать заранее. Так если внешние воздействия не проявляются, считается, что система находится в стабильном состоянии, что позволяет прогнозировать поведение системы в рамках «естественной вариабельности системы». Любое состояние системы может быть рассмотрено как оптимальное либо неоптимальное состояние в отношении к ее цели. Естественной целью управления системой выступает достижение и поддержание ее оптимального состояния [6].

Знания о вариациях основывается на понимании теории вариабельности, то есть статистического мышления [7]. Пренебрежение вариабельностью ведет к неисчислимым потерям, для избавления от которых следует оценивать вариабельность с точки зрения системы с помощью контрольной карты Шухарта. Контрольная карта Шухарта позволяет оценить и определить структуру вариаций системы для снижения рисков возникновения двух ошибок свойственных для оценки состояния системы. Первая ошибка – это когда особый случай отклонения характеристик принят за обычный результат и система воспринимается как стабильная. Вторая ошибка заключается в том, чтобы принять обычный результат функционирования системы за особый случай и начать вмешиваться в нее как в нестабильную, что в последствии нарушает ее стабильность [6].

Теория познания основывается на мысли, что менеджмент в любой форме – предсказание. Любое предсказание связано с возможностью ошибиться и основывается на теории, а сам процесс познания основан на применении цикла Шухарта-Деминга [7].

Психология же связана с наличием человека в любых сложных системах и способствует пониманию взаимодействия между людьми, оборудованием, технологиями и процессами [7].

СГЗ является логическим развитием 14 принципов Деминга [8]. Однако, помимо принципов на СГЗ легко ложатся смертельные болезни и препятствия. Ниже представлено условное разделение принципов, смертельных болезней и препятствий по элементам СГЗ.

1. Понимание системы.

Принципы: добивайтесь постоянства цели; примите новую философию; улучшайте каждый процесс; учредите лидерство; разрушайте барьеры; содействуй приверженности высшего руководства к совершенствованию и его действиям по постоянному улучшению качества и производительности.

Смертельные болезни: отсутствие постоянства цели; сиюминутная выгода.

Препятствия: надежда на «пудинг быстрого приготовления»; предположение, что, разрешая текущие проблемы, вводя автоматизацию, приспособления и новые машины, преобразуется промышленность; у нас другие проблемы; наш отдел управления качеством занимается всеми нашими проблемами качества; фальстарт; мы внедрили управление качеством; напрасные надежды на компьютеризацию.

2. Знания о вариациях.

Принципы: покончите с зависимостью от массового контроля; покончите с практикой закупок по самым низким ценам; устраните произвольные количественными нормы и задания.

Смертельные болезни: использование только количественных критериев.

Препятствия: предположение о том, что соответствие техническим требованиям – это все, что нужно; заблуждение теории «нуль дефектов»; неадекватные испытания прототипов.

3. Теория познания.

Принципы: введите в практику подготовку и переподготовку кадров; поощряйте стремление к образованию.

Препятствия: устаревшие подходы в школах бизнеса; недостаточное обучение статистическим методам в промышленности; поиски примеров; любой, кто приходит нам помочь, должен понимать в нашем деле все.

4. Психология.

Принципы: изгоняйте страхи, откажитесь от пустых лозунгов и призывов; дайте сотрудникам возможность гордиться своей работой.

Смертельные болезни: системы аттестации и ранжирования персонала; перескакивание управляющих с места на место.

Препятствия: наши проблемы связаны исключительно с качеством работы сотрудников.

Приведенное выше разделение не является строгим, однако, в полной мере демонстрирует, что СГЗ содержит принципы Деминга, смертельные болезни и препятствия.

Далее рассмотрим несколько примеров того, как ПРМ помогают соблюдать принципы Деминга, устранять смертельные болезни и преодолевать

препятствия. Начнем с рассмотрения ПРМ, применяемой на этапе мониторинга и анализа курса драгоценных металлов с помощью статистических методов. В рамках данной практики учреждено лидерство, обеспечено участие высшего руководства в совершенствовании качества и производительности, уделено соответствующее внимание подготовке кадров, налажен процесс двустороннего обмена информацией в рамках выполнения требований ПРМ, устранены барьеры между подразделениями, а также организовано развитие корпоративной культуры, нацеленной на обеспечение работников возможностью гордится своей работой и искоренению страха быть виновным (принципы 6, 7, 8, 9, 12 и 14, препятствие 9). Также данная ПРМ способствовала ориентации организации на постоянство цели, долгосрочный результат и отказу от принятия решений только по количественным критериям (принцип 1, смертельные болезни 1, 2 и 5). Ко всему прочему, следует добавить, что работники организации, задействованные в выполнении практики, прошли обучение статистическим методам для наиболее корректного выполнения требований ПРМ (препятствие 6). Однако, следует отметить, что это не было массовым обучением – отбирались сотрудники, в деятельности которой появилась потребность в применении статистических методов (препятствие 10).

Следующая изученная ПРМ устанавливает требования к организации и порядку проведения работ по экспедайтингу. В основу практики заложено лидерство (принцип 7). Для того, чтобы работники могли выполнять требования стандарта, организована подготовка кадров (принцип 6). Так в рамках внедрения данной ПРМ, работники прошли обучение статистическим методам (препятствие 6). Для того, чтобы сотрудники могли качественно выполнять требования стандарта, велись работы по созданию корпоративной культуры, которая была направлена на разрушение барьеров между подразделениями, выстраиванию доверительных отношений между сотрудником и его руководителем, а также на обеспечение получения удовольствия от выполняемой работы сотрудниками всех уровней (принципы 8, 9, 12). Как и в предыдущем примере, в организации сделан акцент на долгосрочных результатах, к тому же обеспечено постоянство цели (смертельные болезни 1 и 2, принцип 1). В рамках применения данного ПРМ организация сместила фокус с исполнителя на процесс при работе с проблемами и поменяла требования к качеству – теперь, «соответствие техническим требованиям – не все, что нужно» (препятствия 9 и 13).

Далее рассмотрим ПРМ, используемую для принятия решения о работе с поставщиком. Данная ПРМ позволила организации устранить барьеры между подразделениями и искоренить страх открыто заявлять о выявленных проблемах и несоответствиях (принципы 8 и 9). ПРМ сыграла особую роль в деятельности, связанной с отказом от практики закупок по самым низким ценам (принцип 4). Для корректного применения ПРМ была введена практика подготовки кадров, особое внимание уделялось обучению сотрудников

статистическим методам (принцип 6, препятствие 6). Благодаря применению статистических методов организация пересмотрела отношение к получению сиюминутной выгоды и стала ориентироваться на положительные результаты в долгосрочной перспективе, что в результате обеспечило постоянство в намерениях и целях руководства (смертельные болезни 1 и 2, принцип 1). К тому же статистические методы способствовали пересмотру отношения к проблемам качества и требованиям к нему (препятствия 8, 11, 13). Здесь также следует отметить, что все эти преобразования не смогли бы быть реализованы без преобразования стиля менеджмента, отказа от управления на основе страха и учреждения лидерства (принципы 2 и 7, смертельная болезнь 3).

Другой пример стандартизации ПРМ касается определения статуса продукции и принятия решения по несоответствующей продукции. Поскольку в рамках выполнения данной ПРМ могут быть задействованы разные исполнители по жизненному циклу продукции, в первую очередь была выстроена новая культура так, чтобы сотрудники не чувствовали вину за проблемы с качеством, а стали полноценными участниками работ по улучшению (препятствие 9, принцип 5). Теперь за качество отвечает не только специализированный отдел, но и остальные подразделения организации (препятствия 8 и 11). Для этого смещен фокус с исполнителя и сделан акцент на процессах. Произведены преобразования и в части взаимодействия сотрудников как внутри подразделений, так и со смежными подразделениями (принципы 8 и 9). Ключевыми инструментами ПРМ выступают статистические методы, поэтому проведено обучение данным методам и в целом введена практика подготовки кадров (препятствие 6, принцип 6). Для того, чтобы все преобразования имели успех, учреждено лидерство и под началом высшего руководства выполняются действия по совершенствованию и искоренению случаев производства несоответствующей продукции в долгосрочной перспективе (принципы 7 и 14, смертельная болезнь 2). В целом применение данного ПРМ способствовало изменению стиля менеджмента, отказа от управления на основе страха и наметило движение в направлении улучшения всех видов деятельности и операций, и главное, способствовала осознанию руководством того, что качество нельзя купить за деньги (принципы 1 и 2, смертельные болезни 1 и 3, препятствия 2 и 12).

Следующий пример стандартизации ПРМ при установлении соответствия качества нефтепродуктов требованиям в лаборатории, обслуживающей заправочной станции. Как и в предыдущих примерах, преобразования начались с обеспечения постоянства цели, введения практики лидерства, формирования среды, способствующей эффективному взаимодействую подразделений (принципы 1, 7, 8 и 9, смертельная болезнь 1). В организации для сотрудников, задействованных в выполнении ПРМ, проведено обучение статистическим методам и организована подготовка кадров (препятствие 6, принцип 6). Для наиболее эффективного применения практики высшим руководством пересмотрено отношение к определению количественных норм

и заданий, а также к «пустым лозунгам» и менеджменту, основанному только на количественных критериях (принципы 10 и 11, смертельная болезнь 5).

Следующая ПРМ распространяется на управленческие решения о приемке образцовых процессов, которые соответствуют лучшим мировым практикам в области организации производства. При разработке данного ПРМ учитывалось то, что приемка образцовых процессов должна способствовать непрерывному улучшению процессов, которое повышает качество и воспроизводимость продукции (принцип 1, смертельная болезнь 1). В рамках внедрения данного ПРМ в деятельность организации проведено обучение сотрудников статистическим методам, организована практика подготовки кадров и поощрения стремления к образованию (принцип 6 и 13, препятствие 6). Для того, чтобы при улучшении процессов сотрудники проявляли себя и могли свободно в этом участвовать, введена практика лидерства, выстроено взаимодействие между работниками разного уровня и устранены барьеры как между подразделениями, так и между уровнями управления (принципы 5, 7, 8, 9 и 12). К тому же, чтобы приемка образцов проводилась также эффективно, как и его подготовка, организация отказалась от пустых лозунгов и призывов и стиля управления, основанного только на известных количественных критериях (принципы 2 и 10, смертельная болезнь 5). Все участники приемки образцовых процессов принимают тот факт, что принципы, примененные для устранения проблем, универсальны (препятствие 4). Приемка образцовых процессов производится, основываясь на ожидаемые результаты в долгосрочной перспективе (смертельная болезнь 2). В приемку образцов заложен анализ того, что практическая реализация подтверждается теоретическим обоснованием, и «соответствие техническим требованиям – еще не все» (препятствия 3 и 13). Как и при создании образцовых процессов, при приемке уделяется особое внимание качеству решений и предложений как участников процесса, так и приглашенных работников (препятствие 16). Во всем этом, ключевую роль сыграло то, что высшее руководство вовлечено в улучшение качества и производительности и осознает, что нельзя добиться большого эффекта без тщательной проработки всех предлагаемых решений (принцип 14, препятствие 1).

Несмотря на то, что на первый взгляд приведенные выше ПРМ разные, можно отметить то, что все они направлены на достижение постоянства цели, а в их основе доверие и уважение – изменение отношения как между работниками, так и между работником и его руководителем. Помимо вышесказанного ПРМ способствуют становлению лидерства в организации и изгнанию страхов, так, чтобы сотрудники могли проявлять себя и раскрывать свой потенциал. Также ПРМ обеспечивает внедрение практики подготовки и переподготовки кадров, особенно в части применения статистических методов.

Таким образом, можно сделать вывод, что ПРМ, применяемые в одной организации, взаимосвязаны и имеют общую цель, а их совокупность можно

рассматривать как систему, которая в свою очередь может преобразоваться в СГЗ Деминга.

Список литературы

1 Яковлева А.С., Шпер В.Л., Смелов В.Ю., Хунузиди Е.И. Стандартизация практик регулярного менеджмента: опыт российских компаний // Стандарты и качество. – 2024. – № 5.

2 Яковлева А.С., Шпер В.Л., Смелов В.Ю., Хунузиди Е.И. Практики регулярного менеджмента с точки зрения системы глубинных знаний Деминга // Стандарты и качество. – 2024.

3 Нив Г. Организация как система: Принципы построения устойчивого бизнеса Эдвардса Деминга. – М.: Альпина Паблишер, 2019. – 512 с.

4 Деминг Э. Менеджмент нового времени: Простые механизмы, ведущие к росту, инновациям и доминированию на рынке. – М.: Альпина Паблишер, 2019. – 182 с.

5 Шпер, В. Л. Качество и его пророк в XXI веке / В. Л. Шпер, Ю. П. Адлер // Стандарты и качество. – 2020. – № 10. – С. 72-76.

6 Адлер, Ю. П. Теория глубинных знаний / Ю. П. Адлер // Стандарты и качество. – 2015. – № 5. – С. 98-99.

7 Шпер, В. Л. Система глубинных знаний и проблемы образования в XXI в / В. Л. Шпер // Науковедческие исследования. – 2019. – № 2019. – С. 179-199.

8 Адлеровские чтения : сб. материалов конференции / [сост. В.Л. Шпер]. –М. : Издательский Дом НИТУ «МИСиС», 2021. – 83 с.

Шацкий Н.В.
студент
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
Россия, Москва
ShatskyNV@mpei.ru
Уланова А.В.
старший преподаватель
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
Россия, Москва
UlanovaAV@mpei.ru
Орлова Е.С.
старший преподаватель
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
Россия, Москва
OrlovaYS@mpei.ru

СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ КОМПАНИИ ОАО «КЗХ «БИРЮСА»

Аннотация. в условиях современной конкурентной среды устойчивое развитие компании становится приоритетной задачей для организаций. Настоящая статья рассматривает взаимосвязь между развитием системы менеджмента качества и устойчивым развитием компаний. В ней подробно анализируются основные методы управления качеством, а

также рассматривается влияние системы менеджмента качества на экономическую эффективность и конкурентоспособность организации. Так же в статье предлагаются действия для успешной реализации принципов TQM в концепции устойчивого развития.

Ключевые слова: улучшение качества продукции, устойчивое развитие, стандарт ISO 9001, статистические методы контроля качества, СМК, принципы TQM, ESG-стратегия.

Shatsky N.V.
Student
National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
Russia Moscow
ShatskyNV@mpei.ru
Ulanova A.V.
Senior Lecturer
National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
Russia Moscow
UlanovaAV@mpei.ru
Orlova E.S.
Senior Lecturer
National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
Russia Moscow
OrlovaYS@mpei.ru

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE COMPANY JSC "KZH "BIRYUSA"

Abstract. In today's competitive environment, sustainable development of a company is becoming a priority for organizations. This article examines the relationship between the development of a quality management system and the sustainable development of companies. It analyzes in detail the main methods of quality management, and also examines the impact of the quality management system on the economic efficiency and competitiveness of the organization. The article also suggests actions for the successful implementation of TQM principles in the concept of sustainable development.

Keywords: improving product quality, sustainable development, ISO 9001 standard, statistical methods of quality control, QMS, TQM principles, ESG strategy.

Устойчивое развитие компании подразумевает сбалансированный подход к своей экономической деятельности, развитию персонала и экологической ответственности. Компании, развивающиеся в парадигме устойчивого развития, осуществляют управление своей деятельностью, рассчитанное на долгосрочную перспективу, позволяющее принимать эффективные и качественные решения, направленные на достижение успеха в бизнесе.

Одним из основных инструментов для достижения устойчивого развития компании является внедренная и результативная система менеджмента качества. Изучение опыта предприятий, а также специализированной литературы позволяет выделить основные подходы к оценке развития и результативности Системы менеджмента качества (СМК). Комплексный подход

рассматривает СМК как элемент системы управления и ее влияние на всеобщее улучшение качества на предприятии. В рамках данного подхода, можно выделить труды таких ученых, как В.Д. Дорофеев, В.И. Долгий, Л.С. Верещагина [1, 2; 3], Т. Питерс, Р. Уотерман, Т. Конти, Дж. Окланд, Й. Дальгард [4; 5; 6], которые считают, что деловое совершенство компаний базируется на том, что результаты для потребителей, цели бизнеса, акцент на безопасность и экологию взаимосвязаны. При этом приоритетными направлениями развития должны быть персонал и время, необходимое для реализации концепций СМК [7]. В. Д. Дорофеев определяет СМК как часть системы всеобщего управления качеством и считает, что качество товаров и услуг компании зависит от эффективности внутриорганизационного управления, основанного на обеспечении непрерывности и вовлеченности членов коллектива на всех этапах обучения сотрудников (самообучающаяся компания) [4].

Все большее число предприятий и организаций в России стремится повысить уровень своей конкурентоспособности с целью обеспечения устойчивого развития и приобретения преимуществ на рынке. Правильно функционирующая СМК позволит компании прослеживать и анализировать результаты ее деятельности, ставить перед собой цели и достигать их, а значит быть успешной и конкурентоспособной на рынке. Применение стандарта ISO 9001 является полезным, в первую очередь, для высшего руководства, поскольку с первых шагов внедрения стандарта на СМК, руководители могут осуществлять мониторинг процессов на предприятии с позиций системного подхода. Что является мощным инструментом оценки процессов управления производством и качеством продукции.

Рассмотрим на примере ОАО «КЗХ «Бирюса» как развивается система менеджмента качества, и внедряются подходы устойчивого развития компании.

Любое современное конкурентное производственное предприятие не мыслит своей деятельности без результативной системы менеджмента качества (СМК).

В основе стандартов серии ISO 9000 лежат идеи и положения теории всеобщего менеджмента качества (TQM). Подходы TQM изложены в международных стандартах ISO серии 9000, являющихся методическим пособием по применению системы менеджмента качества и содержащие минимум требований для удовлетворения запросов потребителей. Однако TQM имеет более широкий спектр деятельности: TQM является не методологией по улучшению качества, а философией бизнеса. Эффективная система менеджмента качества – это основной инструмент для организации, позволяющий решать возникающие задачи и постоянно совершенствовать собственную деятельность. В стандартах ИСО серии 9000 описаны семь принципов для эффективного внедрения менеджмента качества. Принципы одинаково применимы ко всем организациям, независимо от их типа, размера, сложно-

сти или бизнес-модели. Перечислим эти принципы: ориентация на потребителя, лидерство руководителей, вовлечение работников, процессный подход, постоянное улучшение, принятие решений, основанных на фактах, взаимовыгодные отношения с поставщиками.

При этом все чаще основные постулаты TQM рассматриваются в неразрывной связи с ESG-критериями (Environmental, Social, Governance – экология, социальное развитие, управление). То есть для того, чтобы компании считаться успешной и конкурентоспособной, ей необходимо не только демонстрировать высокое качество продукции и рост финансовых показателей, но и обладать положительной репутацией. Всем заинтересованным сторонам: инвесторам, партнерам и потребителям становится интересна и важна именно такая философия компании [8].

Таким образом, ESG-принципы стали на сегодняшний момент моделью устойчивого развития бизнеса, за счет которой достигаются цели вовлечения организаций в решение экологических, социальных и управленческих задач. А принципы системы менеджмента качества представляют собой некий комплекс условий, которые позволяют обеспечить эффективную работу организации и наладить систему управления качеством производимых товаров. Основной целью внедрения СМК является построение такой системы управления, которая будет способна обеспечить надежную стабильную эффективную работу организации за счет планомерного повышения качества продукции и услуг и роста удовлетворенности потребителей. Эти две концепции ESG-стратегия и подходы TQM не противоречат друг другу, а лишь обогащают с учетом меняющихся внешних факторов развития общества.

Рассмотрим на примере компании ОАО «КЗХ «БИРЮСА» как реализуются стратегия устойчивого развития и принципы СМК на практике.

Красноярский завод холодильников «Бирюса» начал выпуск бытовых холодильников в сентябре 1964 г. В 1967 г. начались регулярные поставки продукции в развитые европейские страны: Англию, Германию, Австрию, Францию и Скандинавские страны. Поставки на экспорт осуществлялись под брендом «Snowcap», что в переводе означает «снежная вершина». Также «Бирюса» в Европе реализовывалась под марками таких известных производителей, как Zanussi, Thomson, Brandt, Electrolux. В 1993 г. завод холодильников «Бирюса» в ходе приватизации был реорганизован в Акционерное общество [9].

Представленный SWOT-анализ позволяет проанализировать приоритетные направления деятельности компании и разработать стратегию развития с учетом подхода устойчивого развития (Таблица).

Таблица

SWOT-анализ предприятия ОАО «КЗХ «Бирюса»

Сильные стороны	Слабые стороны
Относительно не высокие цены на качественную продукцию Лидер по темпам роста на рынке товаров народного потребления Гарантийное и послегарантийное обслуживание продукции на всей территории продаж Использование новейших технологий покраски металлических деталей	Высокая доля импорта сырья, материалов и комплектующих из-за рубежа Невысокая доля рынка Недостаточно налажена работа по сбыту Старение кадров Сложные технологические маршруты в процессе производства
Возможности	Угрозы
Расширение ассортимента продукции: внедрение новых цветов, использование сенсорных дисплеев Рост доли рынка за счет программы импортозамещения Увеличение спроса на торговое оборудование Повышение экологичности производства Модернизация производства	Сильная зависимость от поставщиков: повышение цен на сырье – повышение себестоимости Активные зарубежные конкуренты Нестабильное соотношение рубля и валюты Правовые риски: изменение налогового и таможенного законодательства Снижение доходов населения и покупательской способности Недоверие потребителей отечественной продукции

В компании разработана Политика высшего руководства в области качества, определяющая стратегию и направления деятельности для всех работников. Основная стратегическая цель в области качества – выпуск высококачественной холодильной техники, удовлетворяющей запросы и ожидания потребителей [7].

Качество выпускаемой продукции оценивается по методике, основанной на выборочном контроле продукции, выпускаемой производством. По этой же методике определяется готовая продукция, находящаяся на складе в цехе отгрузки.

Важным фактором, содействующим приобретению позитивного имиджа компании, является социальная ответственность компании перед внешним окружением, то есть всеми заинтересованными сторонами и в первую очередь перед потребителями продукции.

Руководство компании выбрало методику комплексного системного подхода к выстраиванию качественного менеджмента, предлагаемую ISO серии 9000. Смысл сертификации СМК по ISO 9001 был в обеспечении процессно-ориентированного управления в рамках современной динамично меняющейся внешней и внутренней среды.

Безусловно, движущей силой компании являются люди. Общая численность работников ОАО «КЗХ «Бирюса» на 31.12.2022 г. составила 2050 человек (Рис. 1 и 2). Изменение численности работников ОАО «КЗХ «Бирюса» за последние пять лет [7].

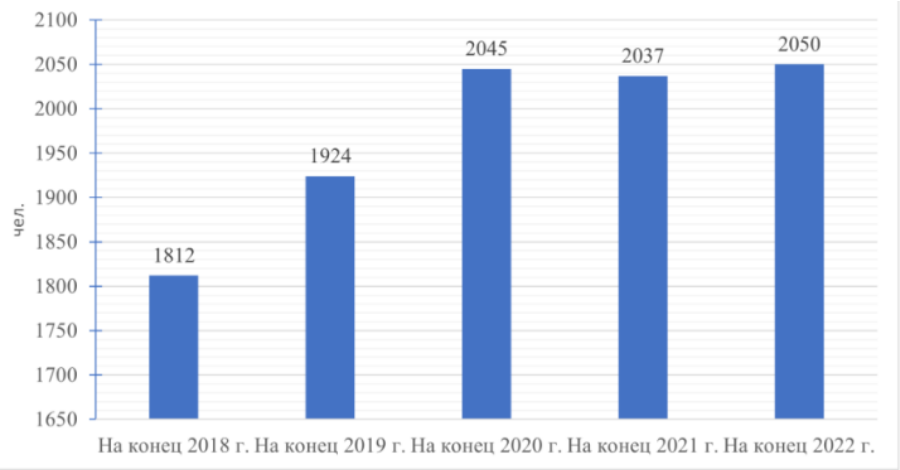


Рис. 1. Динамика численности работников ОАО «КЗХ «Бирюса» за последние 5 лет

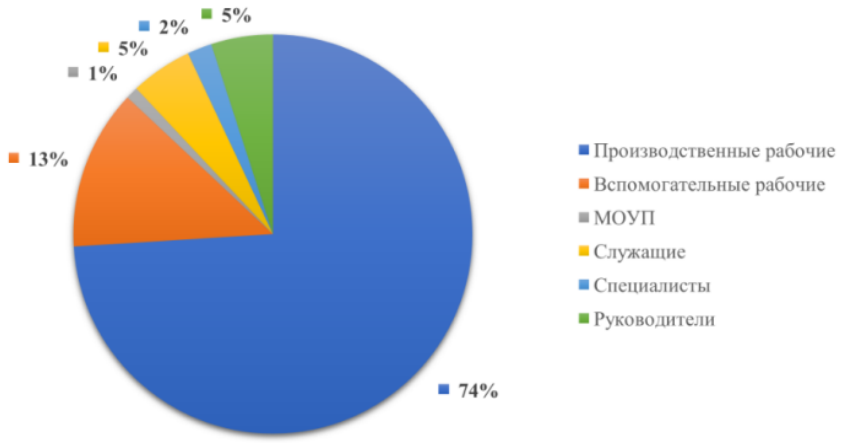


Рис. 2. Структура кадрового состава ОАО «КЗХ «Бирюса» на 31.12.2022 года

В настоящее время в системе мотивации сотрудников используются не только финансовые поощрения, а также различные формы нематериальной мотивации, такие как корпоративные награды и звания для лучших работников, конкурсы и соревнования. Это способствует формированию общих ценностей и традиций в компании, а также улучшению ее репутации среди конкурентов и привлечению высококвалифицированных специалистов.

ОАО «КЗХ «Бирюса» ежегодно выделяются средства на профессиональную переподготовку специалистов и повышение квалификации сотрудников. На предприятии работает система наставничества для обучения новых работников и для обучения работников смежным профессиям и навыкам, также работники завода проходят профессиональное обучение во внешних организациях. В 2022 году обучение по системе профессиональной подготовки кадров прошли 138 сотрудника, из них 111 рабочих. По итогам года расходы на обучение персонала составили 371,2 тыс. рублей, из них затраты на обучение рабочих составили 257,6 тыс. рублей [7].

ОАО «КЗХ «Бирюса» оценивает итоги развития Компании по приоритетным направлениям деятельности в 2022 году, как удовлетворительные:

Компания заняла первое место в отрасли, по итогам года чистая прибыль составила 124 146 тыс. рублей.

Авторы проанализировали отзывы о продукции, оставленные на Маркетплейсе:

1. Потребителей удовлетворяют такие характеристики бытовых холодильников как компактность, отсутствие шума во время работы, его просторный объем и удобную перестановку полок и отделений, что делает хранение продуктов удобным и эргономичным.

2. К недостаткам потребители относят простоту дизайна и дешевый пластик.

Большинство потребителей отметили надежность холодильников и долгий срок службы без ремонта, что делает его выгодным приобретением. Некоторые покупатели отметили современный дизайн и удобство использования холодильника, благодаря интеллектуальной системе управления температурой и функциями холодильника.

Улучшение качества продукции играет ключевую роль в достижении конкурентных преимуществ и удовлетворении запросов потребителей. Для обеспечения стабильного уровня качества продукции применяются статистические методы контроля. Прежде всего использование контрольных карт, анализ показателей процесса, а также методы исправления и предотвращения дефектов. Статистический контроль позволяет выявить и устранить причины возникновения дефектов, минимизировать брак и повысить производительность.

Результатом контроля во всех технологических процессах, а так же оценка внутреннего уровня дефектности повышения требований к готовой продукции стало улучшение ее качества, о чем свидетельствуют данные по затратам на гарантийные ремонты: в 2023 году по сравнению с 2022 годом количество дефектов снизилось на 7,5 %, в стоимостном выражении снижение составило 5,56 % [7].

Примером улучшения, является применение порошкового покрытия. Для лучшей адгезии перед покраской стальные детали фосфатируются: покрываются тонким слоем особого вещества на основе титана и циркония. С помощью распылителя детали холодильника покрываются слоем порошка – полимерной краски. Покраска металлических деталей холодильника осуществляется методом электростатического напыления (под действием электрических зарядов) на современном покрасочном комплексе «Eisenmann». Применение порошковых красителей позволило значительно улучшить качество наносимого покрытия, повысило стойкость к механическому повреждению.

Для достижения поставленных целей планируется провести ряд мероприятий, направленных на выпуск новых моделей продукции, на улучшение потребительских характеристик продукции:

- дальнейшее обновление внешнего дизайна холодильников «комфорт» класса в соответствии с современными тенденциями на рынке, запуск новых цветовых исполнений;

- расширение линейки шкафов-витрин.

Основным направлением по уменьшению уровня воздействия производства Компании на окружающую среду является выполнение Программы технического перевооружения, с переводом производственных процессов на высокоэффективные и малоотходные. На 2024 год Компанией запланировано проведение ряд природоохранных мероприятий [10].

Подводя итог выше изложенному, можно сказать, что, применение системы менеджмента качества, статистических методов контроля и инновационных технологий позволяет достичь высокого уровня качества продукции, повысить конкурентоспособность и удовлетворить запросы потребителей. А также в компании активно внедряются подходы, основанные на ESG-стратегии в соответствии с требованиями современного рынка.

Список литературы

1. Левченко Е.В. Инструментарий оценки развития системы менеджмента качества // Экономическая безопасность и качество. 2018. № 3 (32). С. 28-32.

2. Гримашевич О.Н. Развитие системы мотивации персонала в системе менеджмента качества // Модернизация общественных наук в эпоху глобальных перемен: экономические, социальные, философские, политические, правовые, общенаучные аспекты : матер. Междунар. науч.-практ. конф. : в 3 ч. Саратов : Академия управления, 2017. Ч. 1. С. 83-86.

3. Долгий В.И., Верещагина Л.С., Верещагин С.Н. К вопросу об оценке результативности СМК промышленных предприятий // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2014. № 2 (51). С. 51-55.

4. Система менеджмента качества организации : учеб. пособие / С.М. Вдовин, Т.А. Салимова, Л.И. Бирюкова. М. : ИНФРА-М, 2017. С. 167-169.

5. Correa P.G., Fernandes A.M., Uregian C.J. Technology adoption and the investment climate: firm-level evidence for Eastern Europe and Central Asia // The World Bank Economic Review. 2010. Vol. 24. № 1. P. 121-147.

6. Wruck K.H., Jensen M.C. Science, specific knowledge and total quality management // Journal of Accounting and Economics. 1994. № 18. P. 247-287.

7. Годовой отчет ОАО «КЗХ «Бирюса» за 2023 год – 57 с

8. Вострикова Е. О., Мешкова А. П. ESG-критерии в инвестировании: зарубежный и отечественный опыт // Финансовый журнал. 2020 Т. 12 № 4 С. 117–129. DOI: 10.31107/2075-1990-2020-4-117-129.

9. "БИРЮСА" – проверено временем Холодильная техника. 2018. № 11. С. 24-27.

10. Центр раскрытия: официальный сайт. – Москва – URL: https://e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=2830&type=2 (дата обращения 10.04.2024).

Чернявский А.И.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
andreych2001@gmail.com
Левина Т.А.
к.э.н., доцент, заведующая кафедрой
Московский политехнический университет
Россия, Москва
t.a.levina@mospolytech.ru
Виноградов С.А.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
Vinogradovsa80@mail.ru
Клочков А.Я.
к.т.н., доцент
Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П.А. Костычева
Россия, Рязань
Klochkov500@mail.ru

ДОСТИЖЕНИЕ ОПЕРАЦИОННОГО СОВЕРШЕНСТВА С ПОМОЩЬЮ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Аннотация. В этой статье рассмотрено ключевые компоненты инновационной системы менеджмента качества, в том числе: принципы, лежащие в основе нашего подхода; основные принципы, формирующие основу, интеграция искусственного интеллекта, трансформирующая традиционную систему обеспечения качества, этапы бесперебойного внедрения, реальные примеры операционного совершенства. Используя передовые технологии и придерживаясь строгих стандартов качества в каждом процессе, что поможет постоянно совершенствоваться и превосходить ожидания как сегодня, так и в будущем.

Ключевые слова: инновационная система менеджмента качества, контроль качества, искусственный интеллект.

Chernyavsky A.I.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia Moscow
andreych2001@gmail.com
Levina T.A.
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
Moscow Polytechnic University
Russia Moscow
t.a.levina@mospolytech.ru
Vinogradov S.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia Moscow

Vinogradovsa80@mail.ru
Klochkov A.Ya.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva
Russia, Ryazan
Klochkov500@mail.ru

ACHIEVING OPERATIONAL EXCELLENCE THROUGH AN INNOVATIVE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Abstract. This article examines the key components of an innovative quality management system, including: the principles underlying our approach; the basic principles forming the basis, the integration of artificial intelligence transforming the traditional quality assurance system, the stages of uninterrupted implementation, real examples of operational excellence. Using advanced technology and adhering to strict quality standards in every process, which will help to constantly improve and exceed expectations both today and in the future.

Keywords: innovative quality management system, quality control, artificial intelligence.

В этом подробном руководстве мы рассмотрим ключевые компоненты нашей системы менеджмента качества, в том числе:

– Принципы, лежащие в основе нашего подхода;

– Основные принципы, формирующие основу;

– Интеграция искусственного интеллекта, трансформирующая традиционную систему обеспечения качества;

– Этапы бесперебойного внедрения;

– Реальные примеры операционного совершенства.

Используя передовые технологии и придерживаясь строгих стандартов качества в каждом процессе, стремимся постоянно совершенствоваться и превосходить ожидания, как сегодня, так и в будущем.

Основные принципы, лежащие в основе подхода к управлению качеством

Система менеджмента качества основана на трех основных принципах, которые лежат в основе каждой инициативы и процесса в области качества:

Ориентация на клиента

Ставя клиента во главу угла наших усилий по обеспечению качества, мы гарантируем, что удовлетворяем и превосходим его растущие потребности и ожидания. Инициативы позволяют получать значимую информацию об опыте работы с клиентами и быстро реагировать на отзывы.

Дальновидное лидерство

Исполнительное руководство обеспечивает видение и стратегическое направление для развития культуры качества и постоянного совершенствования всей организации. Их приверженность задает тон для согласования целей организации в области качества.

Всеохватывающее участие команды

Привлечение всех членов команды имеет существенное значение для поддержания исключительных стандартов качества. Сотрудники на всех уровнях участвуют в контроле качества, совместной работе и разработке инновационных решений проблем качества.

Выстраивая работу организации в соответствии с этими принципами, необходимо поощрять совместное управление результатами в области качества, стратегическую ориентацию на клиента и гибкий, дальновидный подход к обеспечению качества.

Основные принципы, составляющие основу предполагаемой системы менеджмента качества

Система менеджмента качества основана на трех основополагающих принципах, которые обеспечивают структурированное, последовательное и проактивное управление качеством:

Точный контроль документов

Тщательный контроль документов обеспечивает точность, последовательность и прозрачность наших процессов, продуктов и услуг. Этот принцип включает в себя:

– Усовершенствованная платформа управления документооборотом: Использование передовых платформ для управления документацией обеспечивает доступ к последним версиям по всей организации.

– Автоматизированные рабочие процессы: Рабочие процессы автоматически направляют документы на проверку, утверждение, публикацию, архивирование и многое другое, что сокращает количество ошибок.

– Функции с поддержкой искусственного интеллекта (ИИ): Такие возможности, как поиск с помощью искусственного интеллекта, помогают быстрее находить нужные документы. Искусственный интеллект просматривает документы и выделяет области, требующие уточнения.

– Протоколы безопасности: Средства контроля доступа, резервного копирования и шифрования защищают интеллектуальную собственность и обеспечивают соответствие требованиям.

Благодаря надежному контролю документов возможно предотвращение ошибки и обеспечения однозначной прослеживаемости системы.

Проактивное управление рисками

Заблаговременно выявляя и снижая риски, можно обеспечить бесперебойную работу. Ключевыми элементами являются:

– Интеллектуальная аналитика: Передовые алгоритмы прогнозирования анализируют данные для выявления аномалий и прогнозирования потенциальных проблем до их возникновения.

– Мониторинг в режиме реального времени. Датчики Интернета вещей и интеллектуальные инструменты позволяют отслеживать качество продукции/услуг и выявлять отклонения в режиме реального времени.

– Рекомендации на основе искусственного интеллекта: При выявлении рисков искусственный интеллект предлагает целенаправленные стратегии их снижения на основе прошлых данных.

– Профилактическое обслуживание: Регулярное техническое обслуживание, модернизация и обучение помогают избежать рисков, связанных с устаревшими системами и процессами.

Профилактическое управление рисками позволяет поддерживать стандарты качества, несмотря на нестабильные условия [1].

Стратегическая интеграция искусственного интеллекта

Интеграция искусственного интеллекта в процессы обеспечения качества революционизирует управление качеством. Основные направления деятельности включают в себя:

Обеспечение качества с помощью искусственного интеллекта

Использование искусственного интеллекта для преобразования традиционного обеспечения качества в таких областях, как:

– Интеллектуальная аналитика качества: Раннее выявление потенциальных дефектов и уязвимостей на основе интеллектуального моделирования.

– Автоматизированное тестирование качества: Искусственный интеллект быстро проверяет качество продукта/услуги на соответствие спецификациям, освобождая команды для более ценной работы.

– Интеллектуальные проверки: ИИ компьютерного зрения тщательно проверяет продукты/ услуги и обнаруживает мельчайшие аномалии.

– Анализ настроений клиентов: Обработка естественного языка извлекает подробную информацию из данных отзывов клиентов.

Устранение незаметных дефектов с помощью ИИ

Искусственный интеллект предоставляет уникальное преимущество в поиске и устранении дефектов, которые может быть трудно или невозможно, обнаружить традиционными методами. Предполагается использование:

– Распознавание образов: Алгоритмы распознают нормальные и ненормальные паттерны, чтобы точно определить скрытые дефекты.

– Обнаружение аномалий: Машинное обучение выявляет отклонения, указывающие на трудноопределимые дефекты.

– Причинно-следственный анализ: Модели искусственного интеллекта определяют первопричины проблем с качеством, что позволяет систематически их устранять.

– Профилактическое обслуживание: Исторические данные о дефектах используются для прогнозирования возможных проблем.

Обеспечивая раннее выявление и корректирующих действий и предотвращение дефектов, искусственный интеллект значительно повышает качество и снижает затраты.

Для беспрепятственного внедрения системы менеджмента качества в масштабах всей организации необходимы структурированные стратегии внедрения, адаптированные к среде [2].

Обеспечение приверженности руководства

Руководители высшего звена должны активно продвигать стратегию системы менеджмента качества. Их сообщения, инвестиционные решения и участие в тренингах подготавливают почву для внедрения.

Всеохватывающее непрерывное обучение

Всестороннее обучение гарантирует, что все сотрудники понимают свою роль в поддержании стандартов качества и использовании новых инструментов искусственного интеллекта. Ключевое значение имеет как начальное, так и постоянное обучение.

Преодоление проблем, характерных для конкретной организации.

Заблаговременное выявление препятствия для внедрения, характерные для организационной культуры и структуры. Управление изменениями, четкая коммуникация и обратная связь с пользователями помогают преодолеть сопротивление. Вопросы безопасности данных и конфиденциальности, связанные с ИИ, решаются прозрачно.

Определение показателей успеха

Показатели устанавливаются заранее, чтобы отслеживать прогресс и эффективность внедрения системы менеджмента качества. Ключевые показатели эффективности связаны с качеством, затратами, временем, удовлетворенностью клиентов и многим другим.

Благодаря такому структурированному подходу мы успешно внедряем нашу систему менеджмента качества для повышения качества в масштабах всей организации.

Ощутимые преимущества управления качеством на базе искусственного интеллекта

Внедрение надежной системы управления качеством с интегрированным искусственным интеллектом позволило добиться впечатляющих результатов, в их числе:

– Улучшенная координация цепочки поставок: Интеллектуальная аналитика с использованием искусственного интеллекта помогает нам заблаговременно выявлять потенциальные риски для качества поставщиков и принимать меры по их снижению.

– Более быстрое решение проблем клиентов: Обработка обращений в службу поддержки на естественном языке позволяет быстро устранять проблемы с качеством.

– Более высокие показатели своевременной доставки: Искусственный интеллект отслеживает миллионы точек данных по всей нашей логистической сети, прогнозируя задержки и предписывая корректирующие действия, чтобы избежать нарушения сроков.

– Снижение затрат: Раннее выявление дефектов с помощью искусственного интеллекта позволило снизить затраты, связанные с качеством, за счет меньшего количества переделок и нерационально потраченных ресурсов.

– Повышение производительности обучения качеству. Искусственный интеллект анализирует данные об обучении сотрудников и адаптирует программы для повышения компетентности в области качества.

Благодаря интеграции искусственного интеллекта, преобразующей систему управления качеством, можно достигать операционного совершенства и превосходить ожидания клиентов. Приверженность передовым методам обеспечения качества может обеспечить успех [3].

Список литературы

1. Левина, Т. А. Значение системы менеджмента качества в корпоративном менеджменте / Т. А. Левина // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2016. – № 3. – С. 173-178.

2. Соловьев Д.Б. Методика оценки инновационной деятельности посредством гибких алгоритмов // Инновации. 2020. № 6. С. 78–86.

3. Денисова, Я. В. Построение инновационной СМК и ее функционирование с использованием цифровой платформы / Я. В. Денисова, В. Ф. Сопин, А. А. Качмаржик // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2021. – Т. 83, № 1(87). – С. 483-489.

Кудряшова Д.А.
студент
Московский политехнический университет
Россия, Москва
Diobio67904@gmail.com
Научный руководитель: ***Левина Т.А.***
к.э.н., доцент, заведующая кафедрой
Московский политехнический университет
Россия, Москва
Gta03@mail.ru

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация. В статье рассмотрены основные методы оптимизации складского хозяйства полиграфических предприятий, с помощью которых можно решить актуальные проблемы. Описана автоматизация процессов, позволяющая сократить время на выполнение

операций, снизить вероятность ошибок и повысить производительность труда. оптимизация использования пространства, влияющая на более эффективное использование площади склада, которое приведет к снижению затрат на аренду или содержание помещения, внедрение системы управления складом, обеспечивающее контроль над запасами, отслеживание движения товаров и автоматизацию документооборота. Рассмотрены современные цифровые технологии, позволяющие автоматизировать складские процессы, провести анализ данных, влияющие на качество и скорость принимаемых решений. Статья будет полезна руководителям и специалистам в области логистики, а также всем, кто интересуется вопросами оптимизации работы складских хозяйств.

Ключевые слова: складское хозяйство, автоматизация процессов, искусственный интеллект, логистика, машинное обучение, полиграфическое предприятие, цифровые технологии.

Kudryashova D.A.
Student
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Diobio67904@gmail.com
Candidate of Economic Sciences, Head of the Department of Standardization, Metrology and Certification
Moscow Polytechnic University
Russia, Moscow
Gta03@mail.ru

METHODS FOR OPTIMIZING THE WAREHOUSE OPERATIONS OF PRINTING ENTERPRISES

Abstract. The article discusses the main methods of optimizing the warehouse facilities of printing companies, which can help solve current problems. It describes the automation of processes, which allows reducing the time for performing operations, reducing the likelihood of errors, and increasing labor productivity. The article also covers space optimization, which affects the more efficient use of the warehouse area, leading to lower costs for renting or maintaining the premises. The implementation of a warehouse management system is another method described in the article. It provides control over stocks, tracks the movement of goods, and automates document flow. The article also touches upon modern digital technologies that allow automating warehouse processes, analyzing data, which affect the quality and speed of decision-making. The article will be useful for managers and specialists in the field of logistics, as well as for anyone interested in optimizing warehouse operations.

Keywords: warehousing, process automation, artificial intelligence, logistics, machine learning, printing enterprise, digital technologies.

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что складские операции играют ключевую роль в эффективности и конкурентоспособности полиграфического производства. Учитывая широкий спектр продукции и нестабильный спрос, правильная организация складского технологического процесса становится еще более важной задачей.

Современный склад является непростым объектом, как с технической, так и с управленческой точки зрения (рис. 1). Склады создаются для временного накопления запасов с целью своевременного снабжения производства необходимыми материалами и комплектующими или потребителя готовой товарной продукцией.



Рис. 1. Аспекты при организации складской деятельности в полиграфической отрасли

Для решений проблем складского хозяйства нужно понимать общую складскую структуру полиграфического предприятия. Она имеет отличия, которые зависят от: масштаба, типа выполняемых работ, продукции и других факторов (таблица).

Таблица

Типичная складская структура для полиграфического предприятия

Сырьевой склад	Основные сырьевые материалы, используемые в производстве, такие как бумага, картон, пленка, краски, химические реагенты и т.д.
Готовая продукция	Готовая продукция, которую предприятие произвело для своих клиентов. Это могут быть книги, журналы, упаковочные материалы, брошюры, баннеры и т.д.
Промежуточный склад	Продукты на различных стадиях производства, которые ожидают дальнейшей обработки или упаковки.
Упаковочный материал	Различные упаковочные материалы, такие как коробки, пленка, ленты, этикетки и т.д
Запасные части и оборудование	В зависимости от размера предприятия, оно может иметь склад для хранения запасных частей и оборудования, необходимого для ремонта и обслуживания печатного оборудования.
Контрольно-измерительный пункт (КИП)	Измерительные приборы, инструменты, а также материалы для контроля качества продукции.
Некондиционные материалы	Непригодные по каким-либо причинам не прошли контроль качества или признаны непригодными для использования в производстве.
Отгрузка и доставка	Здесь хранятся готовые продукты, ожидающие отправки клиентам. Также может быть оборудование и материалы для упаковки и погрузки готовой продукции на транспортные средства.

Основные проблемы складского хозяйства полиграфического предприятия и методы их решения.

1. Низкая точность прогнозирования спроса на товары и услуги может привести к негативным последствиям:

- Финансовые потери
- Снижение уровня обслуживания клиентов
- Потеря доверия клиентов
- Неэффективное использование ресурсов.
- Увеличение рисков

Решением этого можно назвать использование нейронных сетей и машинного обучения, которые на основе данных о продукции, товарах, сезонности могут выявлять непонятные с первого взгляда закономерности.

Также тенденции и сезонности можно определять с помощью математического метода временных рядов, а для принятия после верного и оптимального решения использовать алгоритмы оптимизации (рис. 2).



Рис. 2. Методы решения недостаточной точности прогнозирования потребности в товарах и услугах

2. Недостаточная скорость адаптации к изменениям внешней среды.

Технология "интернета вещей" (IoT) может существенно повлиять на скорость реагирования изменения внешних условий. С её помощью происходит сбор данных о состоянии окружающей среды, оборудовании, товаров и транспорта в реальном времени.

Прогнозирование закономерностей и трендов с помощью Big Data помогает принимать предупредительные меры заранее.

Технологии "DevOps" – это подход к разработке и эксплуатации программного обеспечения, который объединяет разработчиков и операционных специалистов в единую команду. Происходит быстрое и гибкое реагирование на изменения внешних условий, так как разработчики и операционные специалисты работают вместе над проектом (рис. 3).



Рис. 3. Методы решения недостаточной скорости адаптации к изменения внешней среды

3. Ненадлежащее оформление сопроводительных документов

Ручной учёт на складе часто ведёт за собой ошибки и затраты времени, а это в свою очередь приводит к неэффективным процессам ведения учёта и управления складской документацией.

Для надлежащего оформления сопроводительных документов можно применять технологию электронного документооборота (ЭДО). Она позволяет автоматизировать процесс обмена документами между компаниями и сократить время на их обработку, что уменьшит вероятность ошибок и ускорит процесс доставки товаров.

Для решения риска ненадлежащего оформления сопроводительных документов можно также применять технологию блокчейн [2] (рис. 4). Он поможет сократить время, затрачиваемое продуктами на процесс транспортировки и отгрузки, и сократить количество отходов и затрат, которые широко распространены в существующей системе.

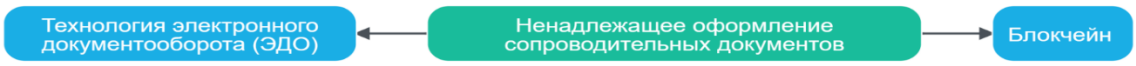


Рис. 4. Методы решения ненадлежащего оформления сопроводительных документов

4. Трудности логистики: задержка, потеря груза.

На предприятии любая задержка или потеря груза равна дополнительным затратам на транспортировку груза. Оценивая возможные риски логистики, необходимо обеспечить безопасность и контроль перемещения груза на каждом этапе. Для этого подойдут системы мониторинга и трекинга грузов – современная технология контроля за качеством и безопасностью транспортировки грузов. Она позволяет отслеживать перемещение груза на каждом этапе транспортировки, контролировать температуру, влажность и другие параметры, а также получать уведомления о возможных нарушениях. А блокчейн обеспечивает прозрачность и надежность всей системы.

Но помимо контроля и безопасности нужно создать оптимальный маршрут доставки, на которые влияют системы геолокации и GPS, определяющие в режиме реального времени местоположение транспортных.

Машинное обучение, ИИ, нейронные сети, также могут быть использованы для оптимизации маршрута (рис. 5). Например, они могут спрогнозировать время доставки на основе исторических данных о прошлых доставках, могут учесть пробки, изменения погодных условий. Анализ данных поможет не только учесть причины задержек в доставке, но и оптимизировать процесс доставки в целом.



Рис. 5. Методы решения трудностей логистики

5. Недостаточная, технологически устаревшая автоматизация

Системы управления складом (WMS) – это программное обеспечение, которое помогает управлять всеми процессами на складе. Оно позволяет отслеживать расположение товаров на складе, контролировать их количество, управлять приемом и отгрузкой товаров, а также оптимизировать процессы хранения и перемещения товаров определенное место.

Системы автоматического складирования и сортировки (AS/RS). AS/RS состоит из ряда автоматических механизмов, таких как конвейеры, подъемники и роботы, которые могут перемещать товары по складу без участия человека.

Системы сборки заказов (Pick-to-Light, Pick-to-Voice). Обе системы позволяют ускорить процесс сборки заказов и снизить количество ошибок, связанных с неправильным взятием товара.

Системы маркировки и идентификации товаров (RFID) используют радиочастотные технологии для отслеживания товаров на складе или в магазине. Каждый товар получает специальный чип, который содержит информацию о нем: название, цена и дата производства. Благодаря этому можно быстро и точно определить местоположение каждого товара, так как система автоматически сканирует чипы и считывает информацию, передавая ее оператору (рис. 6).



Рис. 6. Методы решения недостаточной, технологически устаревшей автоматизации

В заключении стоит отметить, что складское хозяйство является одним из важнейших секторов в предприятии. В условиях современного цифрового и технического развития необходимо обратить внимание на автоматизацию управления складским хозяйством, имеет ряд преимуществ. Во-первых, это

снижение рисков и надежность процессов. Во-вторых, увеличение качества, скорости принятия решений, а также повышение эффективность, которое ведет за собой повышение конкурентоспособности.

В рамках статьи был рассмотрен методы организации складов, цифровые технологии, такие как: блокчейн, интернет вещей, искусственный интеллект. Большие данные и др. А также проанализированные их влияние при внедрении на предприятие.

Список литературы

1. Использование цифровых технологий как способ снижения рисков логистической деятельности Румянцева Д.К., Палкина Е.С. Современные проблемы инновационной экономики. 2023. № 10. С. 374-383.

2. Maersk and IBM Unveil First Industry-Wide Cross-Border Supply Chain Solution on Blockchain. Электронный ресурс. Режим доступа: https://medium.com/chain-finance-com/maersk-and-ibm-build-industrywide-cross-border-supply-chain-solution-on-blockchain-ae8e25e9908c

3. Анализ современных проблем в области складского хозяйства полиграфических предприятий и основные методы их решения Рахманов Н.И. Научный аспект. 2023. Т. 6. № 7. С. 746-753.

Tran Van Chien
Master
Aiot system joint stock company
Vietnam, Hanoi City
tvchien2016@gmail.com

RESEARCH ON APPLICATION OF MULTI-CHANNEL MEASUREMENT SYSTEM TO SURVEY EXPLOSION WAVES IN WATER ENVIRONMENT

Abstract. This article researches and analyzes shock waves of explosions in water environments and researches and develops testing methods to verify the theory of shock waves in water environments.

Keyword: Multi-channel measurement system, Explosion waves in water environment.

Studies of underwater chemical explosive explosions conducted on the sea and large lakes have explained the formation and expansion of explosive gas bubbles in water. The results of research on the law of shock wave propagation in water play an important role in the following fields: geological exploration on the earth's surface in flooded areas, digging deep under water, analyzing types of tsunamis. natural and artificial, impact of blast waves on creatures and underwater structures...

Accurate quantitative description of complex physical phenomena when conducting underwater explosions in general and the law of shock wave propagation in water in particular is very difficult. The most complete studies of explosions are often conducted in infinite liquids with explosive blocks of simple shapes such as spheres, cylinders, etc. Applied to specific problems, such as when considering The influence of the water surface, water bottom, etc. near the explosion is mentioned through influence coefficients and these coefficients are often determined experimentally.

This article includes two main contents. The first part presents the formation process of waves that appear when an underwater explosion occurs and the parameters that determine the properties of shock waves propagating in an infinite water environment. The second content presents some results of underwater explosion tests that Weapons Institute staff have participated in; These results are analyzed, compared, evaluated, and contrasted with the theoretical foundations presented in the previous section.

Process of formation and propagation of shock waves in infinite water environment

The detonation process of an explosive dose in water involves the propagation of different waves (shock waves, compression waves and expansion waves) in the water and in the explosive product. Consider the system of waves in the coordinate system (r–t) for the initial stage of the spherical dose explosion process (figure 1). Suppose the explosion starts at the center “O” of the explosive charge and propagates to the explosive-water boundary (point O'). Line OO' – the law of motion of the detonation wave front. Region OO'E – region of non-stop motion of explosive products, OEA – region of stationary parameters of explosive products. When the detonation wave refracts into water, a shock wave will arise in the water, its rule – the ODD' line, the water-explosion product boundary moves according to the O'CC' rule.

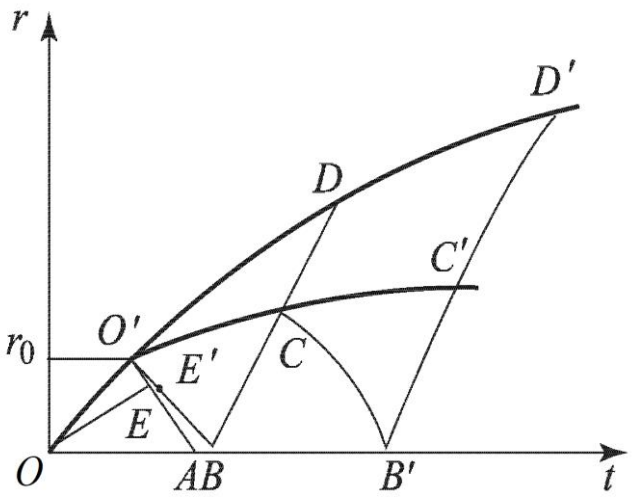


Fig. 1. Wave systems in the (r–t) coordinate system at the initial stage of detonation of a spherical explosive charge in water

The O'E expansion wave begins to propagate in the explosion product toward the center. Next, the expansion wave O'E begins to form the compression wave O'E' because the explosive product has a speed greater than the explosive product-water boundary O'CC' and when flying to this boundary, The explosion product is compressed and the compression wave O'E' is transformed into a shock wave E'B towards the center. This wave is reflected from the center of symmetry (point B), propagating along the explosion product to the product boundary. water-explosion at point C and dispersed into two shock waves CD – in water and CB' in the explosion product. The process then repeats (see B'C' and C'D').

Following the movement process, the boundary separating the explosive product and water (the surface of the explosive gas bubble) is slowed down due to the pressure in the gas bubble gradually decreasing and finally stopping, while the shock wave continues to move at high speed. The speed of the wave at a distance $r > 10.r0$ (r0 – explosion radius) gradually has a value equal to the speed of sound in water $c0 \approx 1500$ m/s. After the bubble boundary stops, the average pressure in it is less than the hydrostatic pressure in the water. Under the influence of hydrostatic pressure, the gas bubble boundary begins to move towards the center of the explosion, but by inertia it passes through the static equilibrium position and continues to be compressed, the pressure in the explosive product becomes greater. Hydrostatic pressure.

We realize that when an explosion occurs in an endless water environment, there can be many consecutive shock waves originating from the center of the explosion. Because the secondary shock waves CD, C'D',... (figure 1) only appear in the early stages of the explosion and have small amplitude, as in other underwater explosion studies, within the limit In this article, we only study the strongest main shock wave – formed by refraction into water when the detonation wave reaches the explosive-water interface.Its propagation rules and environmental parameters on the wavefront will be presented in the following experiment.

Research to develop explosion testing methods in the water environment

Experimental model

To observe the formation and spread of shock waves in water, it is necessary to have a system to measure the pressure of shock waves propagating in water. Therefore, the experimental model chosen is a system of piezo pressure measuring devices (piezoelectric crystals) with high sensitivity, high accuracy and arranged submerged in water at specific locations.

To measure the wave propagation speed, use 2 pressure measuring probes. These measuring heads will receive pressure at different times along the wave path. From the time difference and distance between the measuring heads, the speed of shock wave propagation in water can be determined.

Diagram of the location of the explosive charge and measuring head used in the test as shown in Figure 2. The floating raft is made from dry bamboo sticks,

tied into bundles, ensuring straightness and length of 20 m. To increase the buoyancy of the raft, foam bars with a cross section of 10x10 cm are added along the length of the bamboo bundle; At the locations where the explosive charge and measuring head are hung on the floating raft, there are foam floats measuring 30x30x30 cm.

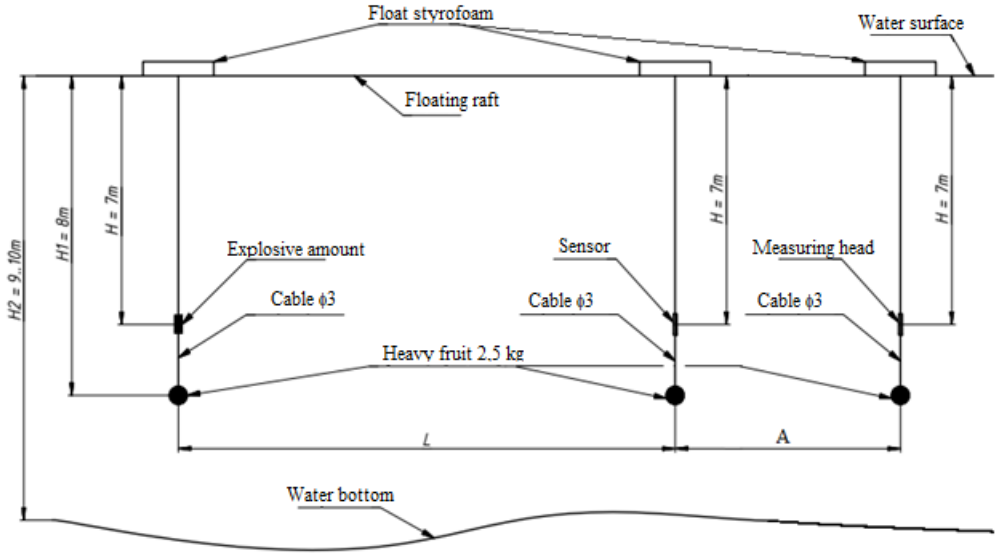


Fig. 2. Experimental layout diagram

The explosive charge and measuring probe are suspended on φ3 mm steel cables; At the bottom of the cable is a 2.5 kg weight to tension the hanging rope and prevent the hanging rope from being skewed by the current. The floating raft is fixed at both ends: one end has a cable connected to a fixed point on the shore, the other end is connected to the ship. The gauge is located on the ship, the fire point wire and the probe wire are also connected to the ship.The two measuring heads are arranged a distance A = 4 m apart and hung fixed to the floating raft. Change the distance between the explosive charge and the measuring head by changing the position of the wire hanging the explosive charge on the floating raft.

The measuring head uses type 138A05 from PCB Piezotronics with the largest measuring range of up to 5000 psi. Data is received and processed from the DEWE3020 multi-channel meter of the Institute of Weapons.

Conduct experiments with spherical C4 explosives with a mass of 184 g, packed in a volume ensuring a density of 1.6 g/cm3 with two distances L=14 m and L=16 m.

Perform the experiment 5 times with each distance L, the received data is processed and stored in the DEWE3020 multi-channel meter.

Experimental results

The experimental results obtained were very rich, the probes recorded the entire process of water pressure changes at the survey point over time during the explosion. Some observed phenomena are very consistent with theories of underwater explosions as shown below:

- Immediately after starting the fire, it felt a strong force hitting the bottom of the ship with a sharp "bang" (the ship was arranged horizontally about 50 to 70 m away from the center of the explosion), the water surface was still completely clear. quiet, after about 10 to 20 seconds you will see air bubbles rising to the surface of the water.

- There is no appearance of water column, small explosion sound, air bubbles only cause the water surface to extrude a small mound, then there are many bubbles of air.

- On the pressure graph at the survey point recorded by the probe, there are clusters of repeating waves (Figure 3−6), the value of the probe far from the explosion center is always small and appears slower than the probe. Arranged near the center of explosion.

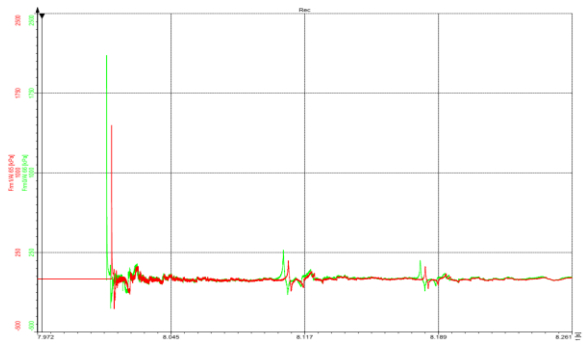


*Fig. **3.** Explosion wave pressure graph of experiment 1 with L=10 m (measuring head at positions 10 m and 14 m)*

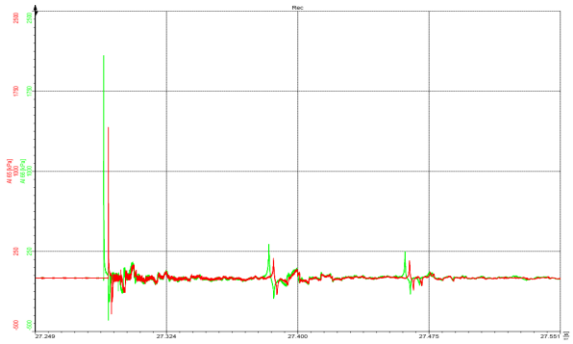


Fig. 4. Explosive wave pressure graph of experiment 2 with L=10 m (measuring head at positions 10 m and 14 m)

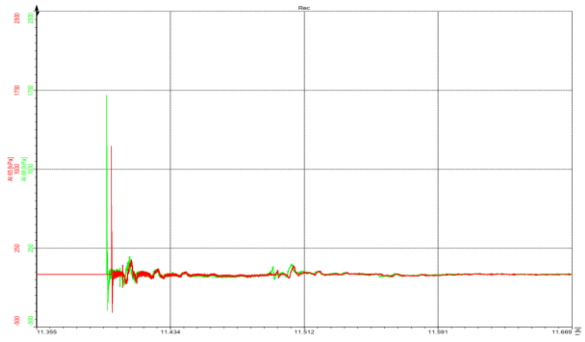


Fig. 5. Explosion wave pressure graph of experiment 1 with L=12 m (measuring head at positions 12 m and 16 m)

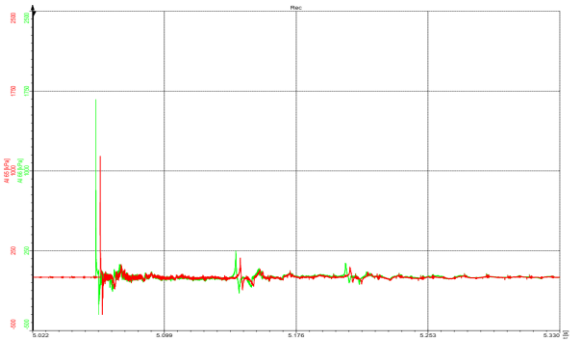


Fig. 6. Explosion wave pressure graph of experiment 2 with L=12 m (measuring head at positions 12 m and 16 m)

Much experimental data is currently being analyzed and evaluated. Within the limits of this article, we would like to introduce the maximum pressure values caused by the blast wave at the survey points in the test. These results are data to verify the ability of air bubble screens to reduce pressure on the shock wave front in water (Table 1).

Table 1

Summary of underwater explosion test results

TT	Δpmax, kPa			
	R=16 m	R=14 m	R=12 m	R=10 m
first	1150.8	1447.3	1714.7	2107,2
2	1183.1	1413.7	1680.0	2086,4
3	1219.6	1463.0	1707.4	2133.9
4	1219.8	1450.4	1703.9	2125.4
5	1097.4	1432,1	1697.6	2092.9
Medium	1174.1	1441.3	1700.7	2109.2

The following section introduces some pressure graphs measured at survey points in some explosions. Other explosions also show similar rules and magnitudes. In a figure, there are 2 pressure curves showing the measured values at 2 survey locations during one explosion, these locations are 4 m apart and along with the explosion amount are in a straight line (see figure 2). , the measuring head located closer to the explosive amount gives the previous and larger value.

Analyze experimental results

Using underwater explosion theory, the phenomena appearing in the above test can be explained as follows:

- When the explosion occurs, the blast wave moves aHead of the environment's motion at a speed equal to the speed of sound in water, so the time it takes for the blast wave to propagate from the explosion to the boat is about 0.047 s (distance 70 m, sound transmission speed underwater is 1500 m/s), this time period is too small for us to feel, so we feel the impact of the explosive wave with the bottom of the boat is instantaneous when detonating the explosive charge. The air bubble formed from the explosion takes time to move to the surface of the water due to Acsimet's repulsion, so after a period of time we see it appear on the water surface.

- The explosive amount is small (184 g) and placed deep below the water surface (7 m), so the explosion energy is not enough to throw the water column into the air, only enough to push the water into a small mound. For this reason, high-pressure explosive gas cannot be immediately released into the air to cause a loud explosion but is retained in the air bubble. After a number of expansion-

compression cycles, the new air bubble reaches the water surface. At this time, the energy released from the explosion has been lost a lot in pushing water and radiating heat into the environment, so when the air bubble reaches the water surface, it has high pressure. The pressure is not too much higher than the ambient pressure. The pressure difference is low so the explosion sound is small.

- The recurring wave clusters on the pressure graph at the survey point recorded by the probe correspond to shock waves and compression waves formed in the expansion stages of the air bubble. From the graphs, it shows that the maximum pressure value created by the shock wave is 8...10 times greater than the value of the first compression wave. Because the pressure on the blast wave front decreases inversely with the distance from the blast, the measuring head near the blast will receive a value first and larger than the value measured at the probe located far from the blast.

The observed phenomena are very consistent with the underwater explosion theory pointed out, which proves that during the test, the probe-measuring device system worked according to the principle.

The residual pressures on the blast wave front at distances of 10, 12, 14, 16 m are then compared with the data in Table 1, we have the following results (Table 2).

Table 2

Compare experimental results and theoretical calculations

Targets	∆pmax, kPa			
R, m	16	14	twelfth	ten
Calculate	1314.9	1529.1	1820.0	2236.48
Experiment	1158.6	1441.3	1700.7	2109.2
False, %	twelfth	6	7	6

When an explosion occurs in a water environment, many consecutive shock waves can appear originating from the center of the explosion. When a shock wave propagates in the medium, when it meets an interface with another medium, reflection and refraction occur at the interface, creating new waves. Depending on the nature of the medium across the interface and the angle of incidence, the reflected wave can be a compression wave or an expansion wave. The results of underwater explosion tests show that the phenomena that appear when an underwater explosion occurs are consistent with the underwater explosion theory. However, to have a firm conclusion, more tests need to be performed to check and evaluate the reliability of the results in neighboring bands.

References

1. Hồ Sĩ Giao, Đàm Trọng Thắng, Lê Văn Quyển, Hoàng Tuấn Chung (2010), Nổ hóa học lý thuyết và thực tiễn, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.

2. Bernard Le Mehaute, Shen Wang (1996), Water Waves Generated by Underwater Explosions, Defense Nuclear Agency Alexandria.
3. Cole R. H (1948), Underwater explosions, Princeton University Press.
4. John Philip Best (1991), The dynamics of underwater explosion, University of Wollongong.
5. Zamyshlyayev B.V (1973), Dynamic Loads in Underwater Explosion, AD-757183.
6. Баум А и Орленко Л. П (2002), Физика взрыва том 1, Москва.
7. Б. В. Замышляев, Ю.С. Яковлев (1967), Динамические Нагрузки При Подводном Взрыве. Ленинград.
8. Кутузова Б.И (1983), Справочник взрывника, "Недра" Москва.
9. Саламахин Т.М (1967), Пособие для решение задач по теории механического действия взрыва, Издание ВИА Москва.
10. Орленко Л.П (2004), Физика взрыва. "ФИЗМАТЛИТ" Москва.

Шабанова Д.Н.
к.т.н., менеджер методологического сопровождения бизнес-процессов
АО «НИПИГАЗ»
Россия, Краснодар
shabanovadasha1989@mail.ru

ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД КАК ИНСТРУМЕНТ ИНТЕГРАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ

Аннотация. Целью работы является разработка методических и практических рекомендаций по формированию процессной модели инжиниринговой деятельности с учетом требований, заложенных в стандартах ИСО серии 9000.

Методы исследования: основой для решения задач исследования выступают труды отечественных и зарубежных специалистов, посвященные вопросам процессного управления предприятием, управления качеством в проектных организациях, а также моделирования и оптимизации процессов.

В настоящей статье автором представлена модель процессов интегрированной системы менеджмента применительно к управлению инжиниринговой компанией нефтегазового комплекса, разделенная на три группы процессов – управляющие, основные и обеспечивающие процессы. На примере графической модели процесса разработки марки рабочей документации «Рубка леса» («РЛ»), сформированной на базе ПО «Business Studio», отражена последовательность этапов, выполнение которых необходимо для формирования технического задания на вырубку леса.

Статья ориентирована на специалистов, занимающихся повышением эффективности деятельности предприятий в области нефтегазового инжиниринга путем разработки и усовершенствования их процессов и регламентов, в том числе и с использованием современных ИТ-средств.

Ключевые слова: процесс, процессный подход, процессная модель, система менеджмента, документированная информация, интеграция

Shabanova D.N.
Candidate of Technical Sciences, Manager
of vethodological support of business processes
JSC «NIPIGAS»
Russia, Krasnodar
shabanovadasha1989@mail.ru

THE PROCESS APPROACH AS A TOOL FOR INTEGRATING BUSINESS PROCESSES OF AN ORGANIZATION

Abstract. The purpose of the work is to develop methodological and practical recommendations for the formation of a process model of Engineering activities, taking into account the requirements laid down in the ISO 9000 series standards.

Research methods: the basis for solving research tasks are the works of domestic and foreign specialists devoted to the issues of process management of an enterprise, quality management in design organizations, as well as modeling and optimization of processes.

In this article, the author presents a process model of an integrated management system in relation to the management of an Engineering company of the oil and gas complex, divided into three groups of processes – managing, basic and supporting processes. Using the example of a graphical model of the process of developing a brand of working documentation "Logging" ("RL"), formed on the basis of the software "Business Studio", the sequence of stages is reflected, the completion of which is necessary for the formation of a technical task for deforestation.

The article is aimed at specialists involved in improving the efficiency of enterprises in the field of oil and gas Engineering by developing and improving their processes and regulations, including using modern IT tools.

Keywords: process, process approach, process model, management system, documented information, integration.

Современное состояние отечественной экономики, сложность и изменчивость внешней среды, возрастающее влияние потребностей и ожиданий различных заинтересованных сторон требуют от предприятий определения ключевых элементов системы управления предприятием, влияющих на способность организации постоянно поставлять продукцию и услуги, отвечающие требованиям не только потребителей, но и применимым к ним законодательным и нормативным правовым требованиям. Одним из инструментов решения данной задачи является применение процессного подхода, в основе которого лежит реализация совокупности бизнес-процессов на предприятии [1]. В соответствии с пунктом 4.2 «Управление устойчивым успехом организации» ГОСТ Р ИСО 9004-2019 (ИСО 9004:2018) «Менеджмент качества. Качество организации. Руководство по достижению устойчивого успеха организации», для достижения устойчивого успеха руководство организации должно установить и управлять соответствующими процессами для их функционирования в рамках согласованной системы, а также показателями и данными, характеризующими эффективность управления деятельностью организации.

В настоящей статье представлен методический подход к формированию процессной модели управления предприятием применительно к деятельности в области нефтегазового инжиниринга посредствам выработки поэтапной логически обоснованной структуры ее бизнес-процессов для их дальнейшей стандартизации и автоматизации.

Многочисленные исследования, посвященные теории и практике управления процессами, свидетельствуют, что концепция процессного подхода, заложенная в основу стандарта ISO 9001:2015 (ГОСТ Р ИСО 9001-2015) «Системы менеджмента качества. Требования» является практичным способом управления предприятием, которая позволяет на основе соединения двух направлений – моделирования и автоматизации процессов – создать инструментарий для эффективного управления предприятием в условиях нестабильности рыночной ситуации и тем самым, не только связать в единое целое различные аспекты деятельности предприятия, но и повысить конкурентоспособность производимых им товаров или оказываемых услуг. Несомненное преимущество процессного подхода состоит в том, что первостепенное внимание менеджмента организации концентрируется не на функциях, выполняемых отдельными структурными подразделениями (организационными единицами), а на межфункциональных процессах, объединяющих отдельные функции в отдельные потоки и нацеленных на конечные результаты деятельности организации [2].

Рыночные отношения, в том числе и в области нефтегазового инжиниринга привели к изменению принципов производства и потребления материальных благ. Переход от общества производителя к обществу потребителей привел к тому, что ответы на вопросы «что и как производить» диктует потребитель конечной продукции. И основная идея построения бизнеса в этих условиях – это реинтеграция отдельных операций в единые бизнес-процессы [3], то есть наборы операций, которые создают результат, имеющий ценность для потребителя. В работе [4] отмечено, что именно ориентация на потребителя становится главным ориентиром и критерием для определения необходимых организации процессов, а также особое внимание уделено тому, что для определения состава и последовательности процессов необходимо конкретизировать состав заинтересованных сторон, от которых зависит успешность деятельности организации, и определить их интересы. Авторским коллективом [5] подчеркивается, что построение системы процессного управления предприятием как элемента системы менеджмента качества начинается с решения менеджмента компании о переходе от функциональной системы к системе управления, построенной по процессному принципу.

Важно отметить, что отечественные предприятия, в том числе и нефтегазового профиля, ориентированные на освоение или запуск новых продуктов и услуг, все в большей степени рассматривают систему управления предприятием через призму гармонизации составляющих ее элементов, затрагивающих такие аспекты систем менеджмента, как: «менеджмент качества

(ISO 9001:2015)», «охрана здоровья и безопасность труда (ISO 45001:2018)», «охрана окружающей среды (ISO 14001:2015)», «комплаенс (ISO 37301:2021)», «информационная безопасность (ISO/IEC 27001:2022)» и другие, акцентируя внимание на их интеграции с учетом принципов рискориентированного мышления («risk-based thinking»), лежащих в основе процессного управления предприятием. В России с учетом основных нормативных положений Руководства ИСО/МЭК 72:2001 «Руководящие указания по обоснованию и разработке стандартов на системы менеджмента» (ISO/IEC Guide 72:2001 "Guidelines for the justification and development of management system standards", NEQ) разработан национальный стандарт ГОСТ Р 53893-2010 «Руководящие принципы и требования к интегрированным системам менеджмента», который устанавливает общие требования к системам менеджмента и предназначен для применения в качестве основы при интегрированном внедрении двух или более стандартов на системы менеджмента.

Основываясь на концепции процессного подхода к управлению, на рисунке 1 представлена модель бизнес-процессов интегрированной системы менеджмента применительно к деятельности предприятий, осуществляющих проектный инжиниринг для опасных производственных объектов нефте- и газопереработки.

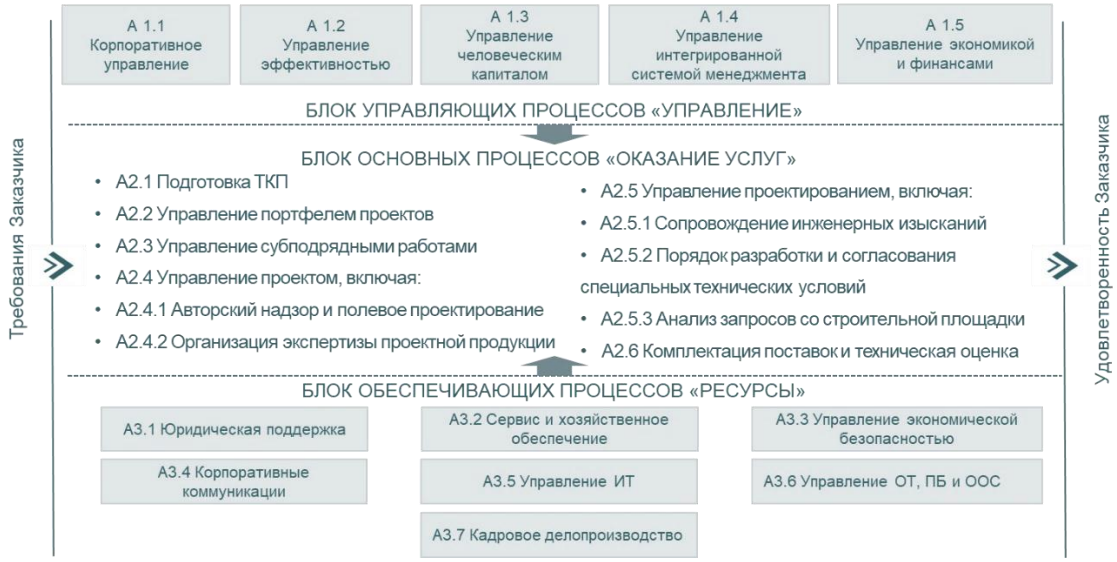


Рис. 1. Модель бизнес-процессов интегрированной системы менеджмента предприятия в области нефтегазового инжиниринга

Модель представляет собой набор из совокупности процессов, которые разделены на следующие группы:

1. Первая группа – управляющие процессы. Процессы, которые оказывают управляющие воздействия на деятельность инжиниринговой организации, а также определяют ограничивающие рамки для оперативного управления основными процессами.

2. Вторая группа – основные процессы. Это процессы, которые связанны с жизненным циклом выполняемых работ или оказываемых услуг: от стадии инициации (обращения заказчика) до оказанной заказчику услуги. К данной группе относятся процессы по подготовке технико-коммерческого предложения (ТКП), управлению портфелем проектов, управлению проектом, а также по управлению проектированием (по разработке проектной и рабочей документации). В рамках процессов управления проектом выполняются действия, относящееся к таким функциональным областям, как: управление сроками и ресурсами проекта, управление рисками проекта, управление контрактом в рамках проекта, управление качеством на проекте и др.

3. Третья группа – обеспечивающие процессы, которые обеспечивают ресурсами блок основных процессов. К этой группе, в том числе, отнесены и процессы по выполнению требований по ОТ, ПБ и ООС, установленные в соответствующих инструкциях, разрабатываемых по видам работ и профессиям работников с учетом специфики деятельности предприятия.

Особо важное значение для выпуска качественной проектной продукции имеют процессы проектирования, осуществляемые между подразделениями различных проектных специальностей, а также специализированными субподрядными организациями, участвующими в разработке соответствующего проекта (на основании договора с конкретным заказчиком). На стадии планирования проектных работ для каждого проекта определяется перечень нормативных документов в области ОТ, ТБ и ООС, обязательных для их реализации в проекте (который приводится в техническом задании на проектирование объекта). При этом, оценка степени безопасности дальнейшей эксплуатации производственного объекта осуществляется на основании принятых проектных решений, отражённых в разделах (главах) проектной продукции в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»:

«Оценка воздействия на окружающую среду»;

«Мероприятия по охране окружающей среды»;

«Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности»

«Декларация промышленной безопасности опасного производственного объекта»;

«Перечень мероприятий по ГО, мероприятий по предупреждению ЧС природного и техногенного характера»;

«Организация и условия труда работников. Управление производством и предприятием».

При планировании выпуска проектной и другой технической документации для строительства инжиниринговые предприятия в нефтегазовой отрасли должны, на сколько возможно, определить (в том числе спланировать) следующее:

1) требования к проектной и другой технической документации для строительства (например, в виде карточки основных технических решений);

2) необходимость в разработке регламентирующей процедурной базы, а также выделении ресурсов, необходимых для разработки данной проектной и другой технической документации для строительства;

3) необходимую деятельность по анализу и мониторингу, относящуюся к разработке проектной и другой технической документации для строительства, а также критерии используемые при приемке проектной и другой технической документации для строительства;

4) документированную информацию (записи), подтверждающие, что процессы проектирования и получаемая проектная и другая техническая документация для строительства соответствуют установленным требованиям.

На рисунке 2 в качестве примера отражена модель процесса разработки марки рабочей документации «Рубка леса» (с учётом рекомендаций ГОСТ 21.1101-2020 «Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации»), которая смоделирована с помощью программного продукта «Business Studio» [6].

Данная модель сочетает в себе как последовательность шагов, выполнение которых, необходимо для разработки рабочей документации определенного комплекта марки, так и взаимосвязанные потоки входных и выходных данных, служащие основой для формирования графика по обмену заданиями между дисциплинами – участниками процесса проектирования.

Необходимо отметить, что согласование самого процесса производится в электронном виде путем выгрузки документа (отчета) непосредственно из системы «Business Studio» по установленному шаблону интегрированной системы менеджмента предприятия с его последующим подписанием (утверждением) усиленной квалифицированной электронной подписью в системе электронного документооборота, которая равносильна собственноручной подписи владельца того процесса, который задокументирован [7].

Как видно из рисунка 2 описание процессов в области нефтегазового инжиниринга неразрывно связано с технологией моделирования, используемой для идентификации процессов и их стандартизации. По этой причине порядок графического описания процессов требует соответствующей формализации с целью выпуска схем с заданными параметрами (атрибутами). Кроме этого, должны быть определены документированные процедуры, (например, в виде стандартов предприятия, процедур, рабочих инструкций, памяток) для управления процессами проектирования.

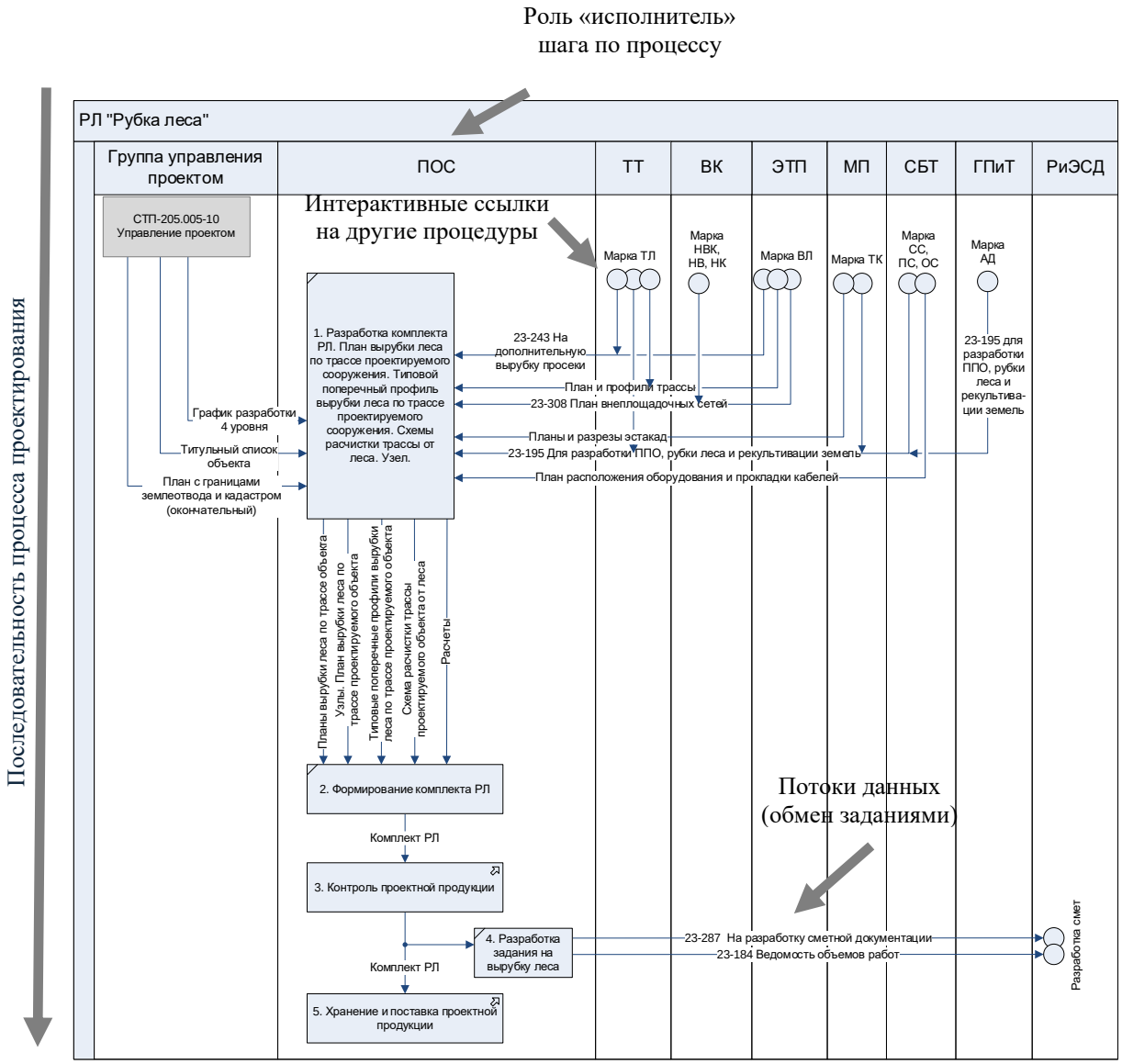


Рис. 2. Пример модели процесса разработки марки рабочей документации РЛ («Рубка леса»):
ПОС – проект организации строительства, ТТ – трубопроводный транспорт, ВК – водоснабжение и канализация; ЭТП – электроснабжение, МП – монтажное проектирование, СБТ – связь, безопасность и телекоммуникации, ГПиТ – генплан и транспорт, РиЭСД – разработка и экспертиза сметной документации

В таблице представлен перечень документов, который может выступать методологической основой с целью формирования процедурной базы по планированию, организации и контролю работ на всех этапах жизненного цикла проектной продукции.

Таблица

Примерный перечень документов по организации и технологии проектирования в области нефтегазового инжиниринга

№	Примеры наименований документов
1	Основные требования к составу и содержанию заданий. Формы заданий на проектирование объектов строительства
2	Матрица распределения проектных работ в проектном производстве
3	Правила оформления выпускаемой документации
4	Типовой перечень документов, выпускаемых в соответствии с российским законодательством на стадии «Проектная документация»/ «Рабочая документация»
5	Технические условия на 3D моделирование
6	Идентификация (кодирование) оборудования, арматуры и трубопроводов в проектной и рабочей документации
7	Порядок поддержания актуальности базы данных системы каталогов
8	Подписи и согласования разрабатываемой документации
9	Контроль проектной продукции
10	Хранение проектной продукции

Представленный перечень документов не является исчерпывающим и может быть дополнен в зависимости от специфики деятельности предприятия, сложности процессов и взаимосвязей между ними, требований заказчика и других заинтересованных сторон, компетентности персонала, а также потребности в свидетельствах достигнутых результатов с учетом требований, отраженных в ГОСТ Р ИСО/ТО 10013-2007 «Менеджмент организации. Руководство по документированию системы менеджмента качества».

Необходимо подчеркнуть, что процессы производства проектных услуг сводятся к последовательной реализации определенных видов работ, поэтому в состав организационно-методической документации по технологии проектирования целесообразно также включать описание проектных функций, к которым следует отнести следующие: 1) информационное обеспечение проектных работ; 2) распределение задач (разворот работ) между проектными дисциплинами; 3) управление изменениями в проектной и другой технической документации для строительства; 4) мониторинг и измерение характеристик проектной и другой технической документации для строительства (показателей проекта); 5) анализ поступивших замечаний на выпущенную проектную продукцию от органов экспертиз и заказчика. Указанным функциям должны отвечать все процессы проектного производства и обеспечивающих видов проектной деятельности в целях обеспечения целостности функционирования системы управления предприятием в области нефтегазового инжиниринга [8].

В заключение следует отметить, что представленные методические рекомендации по формированию процессной модели управления предприятием в области нефтегазового инжиниринга позволят не только выстроить

взаимодействие между структурными подразделениями, но и помочь персоналу в понимании их зон ответственности на всех этапах жизненного цикла проектной продукции, тем самым обеспечить основу для улучшения показателей работы и действующей системы менеджмента предприятия.

Список литературы

1. Д.Н. Шабанова, М.Г. Заргано, А.В. Александрова, В.В. Нелина. О совершенствовании системы менеджмента по ИСО 9001:2015 // Стандарты и качество. – 2017. – № 6. – С. 100-103.

2. Д.Н. Шабанова, М.Г. Заргано, А.В. Александрова. Структурное моделирование бизнес-процессов инжиниринговой компании нефтегазового портфеля как способ повышения эффективности ее деятельности // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2015. – № 6. – С. 37-41.

3. Реинжиниринг корпорации: манифест революции в бизнесе. Пер. с англ. / Майкл Хаммер, Джеймс Чампи [пер. Ю. Корнилович]. – 3-е изд. – Москва: Изд-во «Манн, Иванов и Фербер», 2010. – 274с.

4. А.И. Камышев. Неформальное применение процессного подхода – потенциал для повышения эффективности российских организаций // Методы менеджмента качества. – 2021. – №1. – С. 12-20.

5. Д.А. Цаприлов, А.В. Чудаев. Построение системы процессного управления как элемента системы менеджмента качества // Стандарты и качество. – 2007. – № 6. – С. 106-109.

6. Д.Н. Шабанова, Александрова А.В. Особенности моделирования бизнес-процессов инжиниринговой компании нефтегазового комплекса в программе «Business Studio». Нефть и газ Западной Сибири: Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Косухина Анатолия Николаевича, Тюмень, 15–16 октября 2015 года. Том V. – Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2015. – С. 202-206.

7. Д.Н. Шабанова, Баландов М.Е. К вопросу совершенствования системы менеджмента качества предприятия при переходе к индустрии 4.0. // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2022. – № 3 (207). – С. 52-56.

8. Д.Н. Шабанова, В.В. Нелина. Современные тенденции управления качеством проектов в нефтегазовой отрасли // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2022. – № 6(210). – С. 18-24.

Научное электронное издание

СМиС-2024. ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Материалы Международной научно-технической конференции

(Россия, Москва, 22–24 мая 2024 г.)

SMaC 2024. QUALITY MANAGEMENT TECHNOLOGIES

Proceedings of the International Scientific and Technical Conference

(Moscow, May 22–24, 2024)

Составители: **Адылина** Анна Петровна**, Чернявский** Андрей Ильич

Разработано с помощью программного обеспечения
Microsoft Office Word, Adobe Acrobat Pro

Ответственный за выпуск *А.В. Куркова*
Компьютерная верстка: *Н.Р. Гуськова*

Подписано к использованию 17.07.2024
Объем издания 15,9 Мб. Тираж 50. Заказ № 52/24

Издательство Московского Политеха
115280, Москва, Автозаводская, 16
www.mospolytech.ru; e-mail: izdat.mospolytech@yandex.ru;
тел. (495) 276-33-67