

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Максимов Алексей Борисович

Должность: директор департамента по образовательной политике

Дата подписания: 12.10.2026 16:48:36

Уникальный идентификатор:

8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

«Информационных технологий»



 / Д.Г. Демидов /

« 26 » февраль 2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Архитектура систем умных пространств**

Направление подготовки

09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Профиль подготовки (образовательная программа)

«Информационные системы умных пространств»

Год начала обучения:

2026

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Москва – 2026

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО и учебного плана Московского политехнического университета по направлению (специальности) 09.03.01 Информатики и вычислительная техника, по профилю подготовки Информационные системы умных пространств.

Разработчик(и):

к. ф.-м. н., доцент кафедры



/ Т.Т. Идиатуллин /

Согласовано:

Заведующий кафедрой
«СМАРТ-технологии»,
к.т.н., доцент



/ Е.В. Петрунина /

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Структура и содержание дисциплины
 - 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
 - 3.2 Тематический план изучения дисциплины (по формам обучения)
 - 3.3 Содержание дисциплины
 - 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий
 - 3.5 Тематика вопросов для самостоятельного изучения
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение
 - 4.1 Нормативные документы и ГОСТы
 - 4.2. Основная литература
 - 4.3 Дополнительная литература
 - 4.4 Электронные образовательные ресурсы
 - 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение
 - 4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы
5. Материально-техническое обеспечение
6. Методические рекомендации
 - 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения
 - 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины
 - 6.3 Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
7. Фонд оценочных средств
 - 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения
 - 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения
- Приложение 1
- Приложение 2

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Архитектура систем умных пространств» следует отнести:

- формирование у обучающихся системного представления об умных пространствах как классе распределенных киберфизических систем и о принципах построения их архитектуры;
- ознакомление обучающихся с эталонными архитектурами, архитектурными стилями и типовыми проектными решениями, применяемыми при построении систем умных пространств;
- формирование навыков разработки, документирования и обоснования архитектурных решений для систем умных зданий, умных городов и промышленных умных пространств.

К основным задачам освоения дисциплины «Архитектура систем умных пространств» следует отнести:

- изучение понятийного аппарата, классификации и эталонных архитектур умных пространств, а также соответствующих стандартов;
- изучение уровней архитектуры: сбора данных, передачи, обработки, хранения, представления и управления;
- изучение архитектурных стилей и шаблонов проектирования распределенных систем: сервис-ориентированной и микросервисной архитектуры, событийно-ориентированной архитектуры, брокерных и потоковых решений;
- изучение подходов к организации граничных, туманных и облачных вычислений и критериев распределения функций между уровнями;
- изучение вопросов обеспечения качества: масштабируемости, отказоустойчивости, производительности, информационной безопасности и защиты персональных данных;
- приобретение навыков моделирования и документирования архитектуры с применением нотаций и представлений архитектурных описаний;
- приобретение навыков развертывания компонентов платформы умного пространства, их интеграции и оценки характеристик получаемого решения.

Обучение по дисциплине «Архитектура систем умных пространств» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2. Способен выполнять работы и управлять работами по созданию (модификации) и сопровождению ИС	ИПК-2.1. Знает способы управления работами по созданию и обслуживанию ИС интернета вещей и интеллектуальных пространств ИПК-2.2. Умеет управлять работами по разработке и обслуживанию ИС интернета вещей и умного дома ИПК-2.3. Имеет навыки: применения программного обеспечения для управления работами по разработке ИС интернета вещей и интеллектуальных пространств

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Архитектура систем умных пространств» относится к числу профессиональных учебных дисциплин базового цикла (Б1.2) части, формируемой участниками образовательных отношений основной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль «Информационные системы умных пространств».

Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные в предшествующих дисциплинах: «Основы информационно-коммуникационных технологий», «Архитектура вычислительных систем», «Программирование», «Базы данных», «Протоколы IoT», «Проектирование и монтаж электрических систем».

Дисциплина обеспечивает изучение дисциплин «Операционные системы микроконтроллеров», «Проектирование встраиваемых систем», «Технологии Интернета вещей», «Информационные системы умных пространств», а также выполнение курсовых работ и выпускной квалификационной работы.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, т.е. 144 академических часа, из них аудиторных — 54 часа, самостоятельная работа обучающихся — 90 часов. Форма промежуточной аттестации — дифференцированный зачет в 4 семестре.

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

(по очной форме обучения)

№ п/ п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр 4
1	Аудиторные занятия	54	54
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	—	—
1.3	Лабораторные занятия	36	36
2	Самостоятельная работа	90	90
3	Промежуточная аттестация	дифференцированный зачет	дифференцированный зачет
	Итого:	144	144

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по очной форме обучения)

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Всего, час.	Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	Тема 1. Умные пространства: основные понятия, классификация, эталонные архитектуры	16	2	4	10
2	Тема 2. Уровень сбора данных: датчики, исполнительные устройства, оконечные узлы	16	2	4	10
3	Тема 3. Коммуникационный уровень и интеграция разнородных устройств	18	2	4	12
4	Тема 4. Граничные, туманные и облачные вычисления. Распределение функций	20	2	6	12

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Всего, час.	Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
5	Тема 5. Хранение, обработка и аналитика данных умного пространства	18	2	4	12
6	Тема 6. Архитектурные стили и шаблоны проектирования платформ	24	4	6	14
7	Тема 7. Информационная безопасность, надежность и качество архитектурных решений	16	2	4	10
8	Тема 8. Проектирование, документирование и оценка архитектуры. Прикладные сценарии	16	2	4	10
	Итого	144	18	36	90

3.3 Содержание дисциплины

3.3.1 Содержание лекционных занятий (18 часов)

Тема 1. Умные пространства: основные понятия, классификация, эталонные архитектуры (2 ч)

Основные понятия и определения: умное пространство, умное здание, умный город, киберфизическая система, окружающий интеллект. Классификация умных пространств по масштабу, назначению и степени автономности. Свойства умных пространств: контекстная осведомленность, адаптивность, проактивность, взаимодействие с пользователем. Понятие архитектуры системы, архитектурное описание, заинтересованные стороны, представления и точки зрения (ГОСТ Р ИСО/МЭК/ИЭЭЭ 42010). Эталонные архитектуры Интернета вещей и умных пространств: ГОСТ Р ИСО/МЭК 30141, модель IoT-A, референсная архитектура промышленного Интернета вещей. Многоуровневая модель системы умного пространства. Обзор рынка платформ и отечественных решений. Жизненный цикл системы умного пространства.

Тема 2. Уровень сбора данных: датчики, исполнительные устройства, оконечные узлы (2 ч)

Состав и функции уровня сбора данных. Классификация датчиков по измеряемым величинам и принципам действия: климатические, присутствия и движения, освещенности, качества воздуха, энергетические, датчики положения и вибрации. Метрологические характеристики: точность, разрешающая способность, погрешность, время отклика. Исполнительные устройства и приводы. Архитектура оконечного узла: микроконтроллер, интерфейсы, источник питания. Энергообеспечение автономных узлов, режимы пониженного потребления, сбор энергии из окружающей среды. Размещение датчиков и планирование покрытия. Первичная обработка сигналов, фильтрация, калибровка, агрегация на устройстве. Идентификация устройств и управление их жизненным циклом.

Тема 3. Коммуникационный уровень и интеграция разнородных устройств (2 ч)

Место коммуникационного уровня в архитектуре умного пространства. Выбор технологий передачи данных под сценарий: беспроводные сети малого радиуса, LPWAN, сотовые и проводные сети. Топологии сетей и их влияние на надежность и масштабируемость. Шлюзы и пограничные устройства: агрегация, трансляция протоколов, буферизация. Прикладные протоколы обмена и их применение на разных уровнях архитектуры. Интеграция разнородного оборудования: адаптеры, драйверы устройств, унифицированные модели данных. Семантическая совместимость, онтологии и словари предметной области, формат SenML, спецификация Web of Things. Проблемы связности: потери, задержки, работа при отсутствии соединения. Автообнаружение и подключение устройств.

Тема 4. Граничные, туманные и облачные вычисления. Распределение функций (2 ч)

Модели размещения вычислений: на устройстве, на границе сети, в туманном слое, в облаке. Критерии распределения функций: задержка, объем трафика, требования к автономности, стоимость, конфиденциальность данных. Архитектура граничных узлов, контейнеризация и оркестрация на границе. Обработка данных вблизи источника: фильтрация, агрегация, выявление событий, вывод моделей машинного обучения на устройствах. Облачные модели обслуживания и развертывания, характерные сервисы платформ Интернета вещей. Гибридные архитектуры и обеспечение работы при разрыве связи с облаком. Управление конфигурациями и обновлением

распределенных компонентов. Оценка стоимости владения архитектурным решением.

Тема 5. Хранение, обработка и аналитика данных умного пространства (2 ч)

Характеристики данных умных пространств: объем, скорость поступления, разнородность, привязка ко времени и месту. Модели хранения: реляционные базы данных, базы данных временных рядов, документные и графовые хранилища, объектные хранилища. Схемы данных, метаданные, единицы измерения, обеспечение качества данных. Конвейеры обработки: сбор, нормализация, обогащение, загрузка. Поточковая обработка и обработка пакетами, оконные функции, выявление сложных событий. Брокеры сообщений и журналы событий как основа шины данных. Аналитика: выявление аномалий, прогнозирование, оптимизация режимов работы. Цифровые двойники объектов и пространств. Визуализация данных, панели мониторинга, отчетность. Политики хранения и жизненный цикл данных.

Тема 6. Архитектурные стили и шаблоны проектирования платформ (4 ч)

Архитектурные стили: монолитная, многоуровневая, сервис-ориентированная, микросервисная архитектура. Событийно-ориентированная архитектура и модель «издатель — подписчик». Сравнение стилей по критериям сложности, масштабируемости и эксплуатационных затрат. Декомпозиция системы на компоненты и определение границ ответственности. Шаблоны интеграции: шина сообщений, шлюз API, адаптер, посредник, антикоррупционный слой. Шаблоны устойчивости: повторные попытки, автоматический предохранитель, переборки, ограничение нагрузки, очереди с обратным давлением. Управление состоянием и согласованность данных в распределенной системе, идемпотентность операций. Контейнеризация, оркестрация, инфраструктура как код, конвейеры непрерывной поставки. Наблюдаемость: журналирование, метрики, трассировка. Правила и сценарии автоматизации, механизмы принятия решений в умном пространстве. Пользовательские интерфейсы и мобильные приложения как часть архитектуры.

Тема 7. Информационная безопасность, надежность и качество архитектурных решений (2 ч)

Атрибуты качества архитектуры и их взаимные компромиссы. Модель угроз и модель нарушителя для умного пространства, поверхность атаки распределенной системы. Методика моделирования угроз при проектировании. Идентификация, аутентификация и авторизация устройств и

пользователей, управление ключами и сертификатами, ролевая и атрибутная модели доступа. Защита каналов связи и данных при хранении. Безопасность цепочки поставки, защищенная загрузка и обновление программного обеспечения. Требования законодательства о персональных данных и о критической информационной инфраструктуре, приватность по умолчанию. Надежность и отказоустойчивость: резервирование, деградация функциональности, восстановление после сбоев, показатели доступности. Производительность и масштабируемость, нагрузочное тестирование. Эксплуатационная пригодность и сопровождаемость.

Тема 8. Проектирование, документирование и оценка архитектуры. Прикладные сценарии (2 ч)

Процесс архитектурного проектирования: сбор требований, выявление ограничений, формирование архитектурно значимых требований. Проектирование, управляемое атрибутами качества. Документирование архитектуры: представления контекста, компонентов, развертывания и данных, нотация UML и модель C4. Архитектурные решения и журнал принятых решений. Методы оценки архитектуры, анализ компромиссов, экспертиза проектных решений. Технический долг и эволюция архитектуры. Прикладные сценарии: умное здание и управление инженерными системами, энергоменеджмент, умные аудитории и рабочие пространства, умный город, промышленное умное пространство. Разбор типовых архитектурных ошибок. Тенденции развития архитектур умных пространств.

3.3.2 Содержание лабораторных занятий (36 часов)

Лабораторная работа № 1. Анализ предметной области и построение архитектурного контекста (4 ч)

Выбор объекта автоматизации и формирование сценариев использования умного пространства. Выявление заинтересованных сторон и их требований. Построение контекстной диаграммы системы и определение внешних интерфейсов. Формирование перечня архитектурно значимых требований и ограничений. Оформление раздела архитектурного описания.

Лабораторная работа № 2. Уровень сбора данных: подключение датчиков и конечных узлов (4 ч)

Подключение набора датчиков к конечному узлу и получение измерений. Калибровка и первичная обработка данных, оценка погрешности измерений. Настройка периодичности опроса и энергосберегающих режимов, оценка времени автономной работы. Планирование размещения датчиков в помещении и обоснование выбранной схемы.

Лабораторная работа № 3. Коммуникационный уровень и интеграция разнородных устройств (4 ч)

Развертывание шлюза и подключение устройств с различными интерфейсами передачи данных. Настройка обмена сообщениями через брокер. Приведение данных разнородных устройств к единой модели. Исследование поведения системы при потерях связи и восстановлении соединения. Анализ трафика и оценка накладных расходов.

Лабораторная работа № 4. Граничные вычисления и распределение функций между уровнями (6 ч)

Развертывание сервиса обработки данных на граничном узле в контейнере. Перенос функций фильтрации, агрегации и выявления событий с облачного уровня на граничный. Сравнение вариантов размещения вычислений по задержке, объему передаваемых данных и нагрузке на узлы. Проверка работы системы в автономном режиме при отсутствии связи с центральным сервером.

Лабораторная работа № 5. Хранение и аналитика данных умного пространства (4 ч)

Развертывание базы данных временных рядов и настройка конвейера загрузки телеметрии. Проектирование схемы данных и системы меток. Выполнение аналитических запросов, агрегация по временным окнам, выявление аномалий. Построение панели мониторинга и настройка правил оповещения.

Лабораторная работа № 6. Проектирование платформы: декомпозиция на сервисы и интеграция (6 ч)

Декомпозиция платформы умного пространства на компоненты и определение их интерфейсов. Реализация взаимодействия сервисов через шину сообщений и программный интерфейс. Применение шаблонов устойчивости при отказе одного из сервисов. Настройка сценариев автоматизации по правилам. Развертывание конфигурации средствами оркестрации и проверка работоспособности.

Лабораторная работа № 7. Безопасность и отказоустойчивость архитектуры (4 ч)

Построение модели угроз для разработанной архитектуры. Настройка аутентификации устройств и разграничения доступа к ресурсам платформы. Организация защищенного обмена данными и контроль целостности сообщений. Моделирование отказов компонентов и оценка деградации

функциональности. Проведение нагрузочного тестирования и анализ полученных показателей.

Лабораторная работа № 8. Документирование и защита архитектурного решения (4 ч)

Разработка комплекта архитектурных представлений: контекст, компоненты, развертывание, потоки данных. Оформление журнала архитектурных решений с обоснованием выбора. Проведение оценки архитектуры по атрибутам качества и анализ компромиссов. Публичная защита разработанного архитектурного решения и экспертиза решений других обучающихся.

3.3.3 Содержание самостоятельной работы обучающихся (90 часов)

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды деятельности:

- проработка конспектов лекций и изучение разделов дисциплины, вынесенных на самостоятельное изучение, по рекомендованной литературе и электронным образовательным ресурсам;
- изучение стандартов и эталонных архитектур в области Интернета вещей и умных пространств, а также технической документации платформ, в том числе на английском языке;
- подготовка к выполнению и защите лабораторных работ, оформление отчетов;
- выполнение сквозного индивидуального задания по разработке архитектуры умного пространства для выбранного объекта;
- разработка комплекта архитектурной документации и подготовка ее защиты;
- подготовка обзора (реферата) по современным платформам и архитектурным решениям умных пространств;
- анализ архитектур существующих систем по открытым источникам и подготовка разбора проектных решений;
- подготовка к тестированию и к дифференцированному зачету.

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

2. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных».
3. Приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 № 929 (ред. от 08.02.2021) «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования — бакалавриат по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника» (Зарегистрировано в Минюсте России 10 октября 2017 г. № 48489).
4. Академический учебный план. Направление подготовки: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника. Профиль: Информационные системы умных пространств. Форма обучения: очная.
5. Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» (утверждено приказом Московского Политеха от 01.12.2022 № 1375ОД).
6. ГОСТ Р ИСО/МЭК/ИЭЭЭ 42010-2018. Системная и программная инженерия. Описание архитектуры.
7. ГОСТ Р ИСО/МЭК 30141-2021. Интернет вещей. Эталонная архитектура.
8. ГОСТ Р 59026-2020. Информационные технологии. Интернет вещей. Термины и определения.
9. ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015. Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE).
10. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств.
11. ГОСТ 34.601-90. Автоматизированные системы. Стадии создания.
12. ГОСТ Р 59795-2021. Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов.

4.2 Основная литература

1. Ричардс, М. Фундаментальный подход к программной архитектуре / М. Ричардс, Н. Форд. — Санкт-Петербург : Питер, 2021. — 432 с.
2. Клеппман, М. Высоконагруженные приложения. Программирование, масштабирование, поддержка / М. Клеппман. — Санкт-Петербург : Питер, 2018. — 640 с.

3. Ньюмен, С. Создание микросервисов / С. Ньюмен. — 2-е изд. — Санкт-Петербург : Питер, 2023. — 624 с.
4. Росляков, А. В. Интернет вещей : учебное пособие / А. В. Росляков, С. В. Ваняшин, А. Ю. Гребешков. — Самара : ПГУТИ, 2015. — 200 с.
5. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы : учебник для вузов / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. — 6-е изд. — Санкт-Петербург : Питер, 2020. — 1008 с.

4.3 Дополнительная литература

1. Басс, Л. Архитектура программного обеспечения на практике / Л. Басс, П. Клементс, Р. Кацман. — Санкт-Петербург : Питер, 2006. — 575 с.
2. Мартин, Р. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения / Р. Мартин. — Санкт-Петербург : Питер, 2018. — 352 с.
3. Хоуп, Г. Шаблоны интеграции корпоративных приложений / Г. Хоуп, Б. Вульф. — Москва : Вильямс, 2007. — 672 с.
4. Эванс, Э. Предметно-ориентированное проектирование (DDD) / Э. Эванс. — Москва : Вильямс, 2010. — 448 с.
5. Сомов, А. М. Спутниковые системы связи и сети Интернета вещей : учебное пособие / А. М. Сомов. — Москва : Горячая линия — Телеком, 2019. — 244 с.
6. Гельбух, С. С. Сети ЭВМ и телекоммуникации. Архитектура и организация : учебное пособие / С. С. Гельбух. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 208 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/118646>
7. Новожилов, О. П. Архитектура ЭВМ и систем : учебное пособие для вузов / О. П. Новожилов. — Москва : Юрайт, 2019. — 527 с.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. Курс в ЛМС Московского политехнического университета. — <https://lms.mospolytech.ru/>
2. Материалы консорциума W3C по Web of Things. — <https://www.w3.org/WoT/>
3. Материалы проектов Eclipse IoT (Ditto, Hono, Kura). — <https://iot.eclipse.org/>
4. Документация платформы ThingsBoard. — <https://thingsboard.io/docs/>
5. Документация платформы Node-RED. — <https://nodered.org/docs/>

6. Документация системы Home Assistant. — <https://www.home-assistant.io/docs/>
7. Документация базы данных временных рядов InfluxDB и системы Grafana. — <https://docs.influxdata.com/>
8. Документация системы контейнерной оркестрации Kubernetes. — <https://kubernetes.io/docs/>
9. Электронно-библиотечная система «Лань». — <https://e.lanbook.com/>
10. Электронно-библиотечная система «Юрайт». — <https://urait.ru/>

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Операционная система Windows 10 (или выше) — Microsoft Open License.
2. Офисные приложения Microsoft Office 2016 (или выше) — Microsoft Open License.
3. Платформа контейнеризации Docker и средства оркестрации — свободно распространяемое ПО (лицензия Apache 2.0).
4. Платформа Интернета вещей ThingsBoard Community Edition — свободно распространяемое ПО (лицензия Apache 2.0).
5. Среда потокового программирования Node-RED — свободно распространяемое ПО (лицензия Apache 2.0).
6. Брокер сообщений Eclipse Mosquitto и брокер Apache Kafka — свободно распространяемое ПО.
7. База данных временных рядов InfluxDB и система визуализации Grafana — свободно распространяемое ПО.
8. Средства моделирования архитектуры: PlantUML, draw.io, Structurizr Lite — свободно распространяемое ПО.
9. Язык программирования Python с библиотеками обработки и анализа данных — свободно распространяемое ПО.
10. Среда разработки Visual Studio Code — свободно распространяемое ПО.
11. Система контроля версий Git — свободно распространяемое ПО (лицензия GPL).

5 Материально-техническое обеспечение

Для проведения всех видов занятий необходимо презентационное оборудование (мультимедийный проектор, компьютер, экран) — 1 комплект.

Для проведения лабораторных занятий необходимо наличие компьютерного класса, оборудованного современной вычислительной техникой из расчета одно рабочее место на одного обучающегося с доступом в сеть Интернет, а также следующего оборудования:

- отладочные модули с беспроводными интерфейсами (ESP32 или аналогичные) — из расчета один комплект на одно рабочее место;
- наборы датчиков (температуры, влажности, освещенности, присутствия, качества воздуха, потребления электроэнергии) и исполнительных устройств;
- одноплатные компьютеры для развертывания граничных узлов и шлюзов — не менее одного на два рабочих места;
- сетевое оборудование (коммутаторы, точки доступа, маршрутизаторы) для организации учебной сети;
- серверное оборудование или виртуальная инфраструктура для развертывания брокеров сообщений, баз данных, платформ Интернета вещей и средств оркестрации;
- макет (демонстрационный стенд) умного помещения с управляемым освещением, климатическим оборудованием и приборами учета — не менее одного на учебную группу;
- средства коллективной работы над архитектурными схемами (интерактивная панель или маркерная доска).

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

При подготовке к занятиям следует предварительно проработать материал занятия, предусмотрев его подачу точно в отведенное для этого время занятия. Следует подготовить необходимые материалы — теоретические сведения, примеры архитектурных решений и разборы реальных систем, задания для лабораторных работ, а также заранее проверить работоспособность оборудования, серверной инфраструктуры и инструментальных средств.

Лабораторный практикум целесообразно организовать как сквозной проект: обучающиеся последовательно наращивают архитектуру умного пространства для выбранного на первом занятии объекта, что позволяет им

увидеть влияние ранее принятых архитектурных решений на последующие этапы работы.

При проведении занятия следует контролировать подачу материала и решение заданий с учетом учебного времени, отведенного для занятия. Полезно применять активные формы обучения: разбор проектных ситуаций, групповое обсуждение вариантов архитектуры, взаимную экспертизу решений обучающихся.

При проверке работ и отчетов следует учитывать не только работоспособность полученного решения, но и обоснованность выбора архитектурного стиля и компонентов, соответствие решения заявленным атрибутам качества, корректность документирования архитектуры, а также способность обучающегося защитить принятые решения и указать их ограничения.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины осуществляется в строгом соответствии с целевой установкой в тесной взаимосвязи с учебным планом. Основой теоретической подготовки обучающихся являются лекции.

В процессе самостоятельной работы обучающиеся закрепляют и углубляют знания, полученные во время аудиторных занятий, дорабатывают конспекты лекций, изучают стандарты и документацию платформ, готовятся к защите лабораторных работ и к дифференцированному зачету, а также самостоятельно изучают отдельные темы учебной программы.

Особое внимание при подготовке следует уделять умению обосновывать архитектурные решения: любое решение рекомендуется сопровождать перечнем рассмотренных альтернатив, критериями выбора и указанием возникающих компромиссов. Полезно систематически разбирать архитектуры существующих систем по открытым источникам и сопоставлять их с изучаемыми эталонными моделями.

7 Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы обучающихся, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации:

- подготовка к решению прикладных задач;
- выполнение и защита лабораторных работ, оформление отчетов;
- выполнение сквозного индивидуального задания по разработке архитектуры и его защита;
- подготовка обзора (реферата) по современным платформам умных пространств;
- тест;
- дифференцированный зачет.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ПК-2. Способен выполнять работы и управлять работами по созданию (модификации) и сопровождению ИС

Показатель	2	3	4	5
знать: теоретический параметры и алгоритмы архитектуры умных пространств, их состав и значение функций архитектуры, архитектурные шаблоны проектирования определенных систем	Обучающийся демонстрирует полное соответствие или достаточное ответствие указанным критериям	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие указанным знаниям, освещена основная, но менее важная часть материала, пропущена одна значительная ошибка или неточность	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие указанным знаниям, допускаются 2—3 существенные ошибки и неточности	Обучающийся демонстрирует полное соответствие указанным знаниям, свободно оперирует материалом дисциплины
уметь: анализировать и основывать архитектуру системы умного пространства, определять функции между	Обучающийся умеет или в достаточной степени умеет выполнять указанные действия	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие указанным умениям, испытывает значительные	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие указанным умениям, допускает значительные	Обучающийся демонстрирует полное соответствие указанным умениям, уверенно применяет их в

Показатель	2	3	4	5
овнями, кументировать хитектурные шения и енивать их по рибутам чества		труднения при переносе умений на овые ситуации	ошибки и неточности	естандартных ситуациях
владеть: выками звертывания и теграции мponentов атформы ного остранства, тодами делирования, стирования и енки рактеристик хитектурного шения	Обучающийся владеет или в достаточной епени владеет азанными выками	Обучающийся владеет указанными навыками, но допускаются начительные ошибки, проявляется достаточность выков по ряду показателей	Обучающийся частично владеет указанными навыками, допускаются значительные ошибки и труднения при налитических операциях	Обучающийся полном объеме владеет указанными навыками, свободно оперирует иобретенными знаниями

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: дифференцированный зачет (зачет с оценкой).

Промежуточная аттестация обучающихся в форме дифференцированного зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю), методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Шкала оценивания	Описание
отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Обучающийся демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков

Шкала оценивания	Описание
	приведенным в таблицах показателей, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями и навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. Все лабораторные работы выполнены и защищены, индивидуальное задание по разработке архитектуры выполнено и защищено. Присутствовал более чем на $\frac{3}{4}$ занятий по дисциплине.
хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Обучающийся демонстрирует неполное, но правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо при этом были допущены 2—3 незначительные ошибки. Присутствовал более чем на $\frac{3}{4}$ занятий по дисциплине.
удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Обучающийся демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность. Присутствовал более чем на $\frac{1}{2}$ занятий по дисциплине.
неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Список вопросов для дифференцированного зачета

1. Умное пространство: основные понятия, классификация, области применения.
2. Свойства умных пространств: контекстная осведомленность, адаптивность, проактивность.
3. Понятие архитектуры системы. Архитектурное описание, представления и точки зрения.
4. Заинтересованные стороны и их влияние на архитектурные решения.

5. Эталонная архитектура Интернета вещей по ГОСТ Р ИСО/МЭК 30141.
6. Многоуровневая модель системы умного пространства и назначение уровней.
7. Жизненный цикл системы умного пространства.
8. Обзор платформ умных пространств, в том числе отечественных решений.
9. Состав и функции уровня сбора данных. Классификация датчиков.
10. Метрологические характеристики датчиков и их учет при проектировании.
11. Архитектура оконечного узла умного пространства.
12. Энергообеспечение автономных узлов и режимы пониженного потребления.
13. Размещение датчиков и планирование покрытия помещения.
14. Первичная обработка данных на устройстве: фильтрация, калибровка, агрегация.
15. Идентификация устройств и управление их жизненным циклом.
16. Коммуникационный уровень: выбор технологии передачи данных под сценарий.
17. Топологии сетей и их влияние на надежность и масштабируемость системы.
18. Шлюзы и пограничные устройства: функции и место в архитектуре.
19. Интеграция разнородного оборудования: адаптеры, драйверы, унифицированные модели данных.
20. Семантическая совместимость. Онтологии, формат SenML, спецификация Web of Things.
21. Работа системы при потерях связи и задержках в каналах передачи.
22. Модели размещения вычислений: устройство, граница, туман, облако.
23. Критерии распределения функций между уровнями обработки.
24. Архитектура граничного узла. Контейнеризация и оркестрация на границе.
25. Обработка данных вблизи источника. Вывод моделей машинного обучения на устройствах.
26. Облачные модели обслуживания и типовые сервисы платформ Интернета вещей.

27. Гибридные архитектуры и обеспечение автономной работы при отказе облака.
28. Управление конфигурацией и обновлением распределенных компонентов.
29. Характеристики данных умных пространств и требования к их хранению.
30. Модели хранения данных: реляционные, временных рядов, документные, графовые, объектные.
31. Метаданные и обеспечение качества данных умного пространства.
32. Конвейеры обработки данных. Поточковая и пакетная обработка.
33. Выявление сложных событий и оконные функции в потоковой обработке.
34. Брокеры сообщений и журналы событий как основа шины данных.
35. Аналитика данных: выявление аномалий, прогнозирование, оптимизация режимов.
36. Цифровые двойники объектов и пространств.
37. Визуализация данных и панели мониторинга. Политики хранения данных.
38. Архитектурные стили: монолитная, многоуровневая, сервис-ориентированная, микросервисная архитектура.
39. Событийно-ориентированная архитектура и модель «издатель — подписчик».
40. Декомпозиция системы на компоненты и определение границ ответственности.
41. Шаблоны интеграции: шина сообщений, шлюз API, адаптер, посредник.
42. Шаблоны устойчивости: повторные попытки, автоматический предохранитель, переборки, ограничение нагрузки.
43. Управление состоянием и согласованность данных в распределенной системе.
44. Контейнеризация, оркестрация и инфраструктура как код.
45. Наблюдаемость системы: журналирование, метрики, трассировка.
46. Механизмы принятия решений и сценарии автоматизации в умном пространстве.
47. Атрибуты качества архитектуры и компромиссы между ними.

48. Модель угроз и поверхность атаки распределенной системы умного пространства.
49. Идентификация, аутентификация и авторизация устройств и пользователей.
50. Управление ключами и сертификатами. Ролевая и атрибутная модели доступа.
51. Защита данных при передаче и хранении. Безопасность обновления программного обеспечения.
52. Требования законодательства о персональных данных применительно к умным пространствам.
53. Надежность и отказоустойчивость: резервирование, деградация функциональности, восстановление.
54. Производительность и масштабируемость. Нагрузочное тестирование.
55. Процесс архитектурного проектирования и архитектурно значимые требования.
56. Документирование архитектуры: представления, нотация UML, модель C4.
57. Журнал архитектурных решений и обоснование выбора.
58. Методы оценки архитектуры и анализ компромиссов.
59. Технический долг и эволюция архитектуры системы.
60. Архитектура умного здания и управления инженерными системами.
61. Архитектура систем энергоменеджмента и мониторинга ресурсов.
62. Архитектура систем умного города: особенности и ограничения.
63. Архитектура промышленного умного пространства.
64. Типовые архитектурные ошибки и способы их предотвращения.
65. Тенденции развития архитектур умных пространств.

7.3.2 Примерные темы индивидуальных заданий и обзоров

- Разработка архитектуры системы управления микроклиматом и освещением учебного корпуса.
- Архитектура системы энергомониторинга здания с распределенной обработкой данных.
- Сравнительный анализ монолитной и микросервисной архитектуры платформы умного пространства.

- Обоснование распределения функций между граничным и облачным уровнями для заданного сценария.
- Проектирование подсистемы хранения и аналитики телеметрии умного здания.
- Модель угроз и архитектура защиты системы умного пространства.
- Обеспечение отказоустойчивости платформы умного пространства при отказе канала связи.
- Применение цифровых двойников при управлении инженерной инфраструктурой здания.
- Сравнительный обзор открытых платформ Интернета вещей для построения умных пространств.
- Архитектура системы контроля занятости и бронирования рабочих пространств.
- Архитектурные решения в системах умного города: разбор реализованных проектов.
- Тенденции развития эталонных архитектур умных пространств и их стандартизация.