

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Магомед Шавалович

Должность: Ректор

Дата подписания: 20.06.2026 13:57:57

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени академика М.Д. Миллионщикова



«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор

Гаирабеков

«22» 05 2026г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Промышленные сети и интерфейсы»

Направление подготовки

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность (профиль)

*«Инфокоммуникационные системы управления геотермальными и
нефтегазовыми активами»*

Квалификация

бакалавр

Год начала подготовки - 2026

Грозный – 2026

1. Цели и задачи дисциплины

Цель – формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков в области современных промышленных сетей и интерфейсов, используемых для построения распределённых систем управления (АСУ ТП), сбора данных, мониторинга и автоматизации технологических процессов на объектах нефтегазовой и геотермальной энергетики.

Задачи:

1. изучить архитектуру, топологии и физические основы промышленных сетей;
2. освоить стандартные протоколы и интерфейсы (Modbus, Profibus, Profinet, Ethernet/IP, HART, CAN, RS-232/485);
3. научить выбирать и настраивать промышленное сетевое оборудование (коммутаторы, шлюзы, повторители);
4. сформировать навыки проектирования отказоустойчивых и детерминированных промышленных сетей;
5. ознакомить с методами диагностики, защиты и эксплуатации промышленных сетей в условиях агрессивных сред.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, и является профильной для направления. Базируется на курсах «Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей», «Инфокоммуникационные технологии в энергетике и нефтегазовой отрасли», «Сети беспроводной связи»

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВ)
общепрофессиональные		
ПК-3 – Способен эксплуатировать и развивать инфраструктуру промышленного интернета вещей (IIoT) с использованием проводных и беспроводных сенсорных сетей	ПК-3.1. Знает стандарты и протоколы IIoT (MQTT, LoRaWAN, NB-IoT, Zigbee), архитектуру Edge Computing, топологии сенсорных сетей.	Знать: – протоколы прикладного уровня IIoT (MQTT, CoAP, AMQP); – технологии беспроводных сенсорных сетей (LoRaWAN, NB-IoT, Zigbee, WirelessHART); – архитектуры Edge и Fog Computing; – топологии mesh, звезда, дерево, их достоинства и недостатки.
	ПК-3.2. Умеет проектировать узлы сбора данных, настраивать маршрутизацию в mesh-	Уметь: – разрабатывать структурные схемы узлов сбора и концентраторов; – настраивать маршрутизацию и

	сетях, обеспечивать энергоэффективность устройств.	управление топологией в mesh-сетях (Zigbee, LoRa); – рассчитывать энергопотребление и время автономной работы датчиков; – применять режимы энергосбережения (duty cycling, sleep modes).
	ПК-3.3. Владеет навыками интеграции IoT-платформ с корпоративными информационными системами предприятия.	Владеть: – методами интеграции IoT-шлюзов и платформ (например, ThingsBoard, AWS IoT, IBM Watson) с ERP/MES; – навыками настройки коннекторов MQTT, REST API, OPC UA; – приёмами визуализации данных и создания дашбордов.
ПК-6 – Способен проектировать и эксплуатировать инфокоммуникационные сети и системы управления технологическими процессами на объектах нефтегазовой и геотермальной энергетики с учётом отраслевых требований и условий эксплуатации	ПК-6.1. Знает архитектуру распределённых систем управления (АСУ ТП, SCADA), принципы построения промышленных сетей, требования к оборудованию в агрессивных средах.	Знать: – архитектуру АСУ ТП (полевой, контроллерный, SCADA, MES/ERP); – стек промышленных протоколов (Modbus RTU/TCP, Profibus, Profinet, Ethernet/IP); – требования IP, Ethernet, температурного исполнения для нефтегазовых объектов.
	ПК-6.2. Умеет разрабатывать схемы подключения контроллеров, настраивать сетевое оборудование, выбирать типы линий связи для промыслов.	Уметь: – разрабатывать принципиальные схемы подключения ПЛК и удалённого ввода/вывода; – настраивать управляемые коммутаторы (VLAN, QoS, IGMP, резервирование); – обосновывать выбор линии связи (медь, оптика, радиомост) с учётом климатических условий (вечная мерзлота, высокогорье, коррозия).
	ПК-6.3. Владеет методами проектирования отказоустойчивых инфокоммуникационных узлов, навыками работы с отраслевой нормативной документацией.	Владеть: – методами резервирования (кольцевые топологии, MRP, PRP, резервные контроллеры); – навыками составления технической документации (ПС, ТУ, инструкции по эксплуатации); – подходами к монтажу, пуско-наладке и техобслуживанию оборудования.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов/ зач.ед.	Семестр
			6
		ОФО	ОФО
Контактная работа (всего)		68 / 1,9	68 / 1,9
В том числе:			
Лекции		34/0,9	34/0,9
Практические занятия		-	-
Практическая подготовка		-	-
Лабораторные занятия		34/0,9	34/0,9
Самостоятельная работа (всего)		76/2,1	76/2,1
В том числе:			
Курсовая работа (проект)		-	-
Расчетно-графические работы		-	-
ИТР		-	-
Рефераты		-	-
Доклады с презентациями		20/0,6	20/0,6
<i>И (или) другие виды самостоятельной работы:</i>			
Подготовка к лабораторным работам		20/0,6	20/0,6
Подготовка к практическим занятиям		-	-
Подготовка к зачету		-	-
Подготовка к экзамену		36/1,0	36/1,0
Вид отчетности		экзамен	экзамен
Общая трудоемкость дисциплины	ВСЕГО в часах	144	144
	ВСЕГО в зач. единицах	4	4

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц. зан. часы	Лаб. зан. часы	Всего часов
		ОФО	ОФО	ОФО

1	Введение. IIoT и АСУ ТП: концепции, архитектуры, стандарты	2	–	2
2	Беспроводные сенсорные сети: LoRaWAN, NB-IoT, Zigbee	6	8	14
3	Проводные промышленные сети и протоколы (Modbus, Profibus, Profinet, Ethernet/IP)	6	8	14
4	Архитектура Edge Computing и IIoT-платформы	4	4	8
5	Проектирование локальных сетей управления для нефтегазовых промыслов	6	6	12
6	Выбор линий связи и оборудования для агрессивных сред и экстремального климата	4	4	8
7	Отказоустойчивость, диагностика и техническая документация	4	4	8
8	Монтаж, пуско-наладка и техническое обслуживание инфокоммуникационного оборудования	2	–	2
	Итого	34	34	68

5.2. Лекционные занятия

Таблица 4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Введение. IIoT и АСУ ТП: концепции, архитектуры, стандарты	Промышленный интернет вещей: определение, уровни (устройства, шлюзы, платформа, приложения). АСУ ТП: полевой, контроллерный, SCADA, MES/ERP. Место IIoT в нефтегазовой отрасли. Стандарты: IEC 62443, ГОСТ Р.
2	Беспроводные сенсорные сети: LoRaWAN, NB-IoT, Zigbee	Принципы модуляции LoRa, топологии звезда, классы устройств (A, B, C), серверы сети, roaming. Применение для мониторинга скважин и трубопроводов.
		Стандарт 3GPP, интеграция с сотовыми сетями, глубина проникновения, режимы энергосбережения (PSM, eDRX). Сравнение с LoRaWAN.
		IEEE 802.15.4, mesh-сети, маршрутизация (AODV, Zigbee Pro), профили. WirelessHART для промышленной автоматизации.
3	Проводные промышленные сети	Modbus RTU/TCP, Profibus DP/PA, Profinet (RT/IRT), Ethernet/IP, EtherCAT. Физические уровни, детерминизм.

4	Архитектура Edge Computing и IIoT-платформы	Архитектура fog/edge, функции шлюзов (фильтрация, агрегация, протокольное преобразование). Примеры: AWS Greengrass, Azure IoT Edge.
		ThingsBoard, IBM Watson, Kaa, PTC ThingWorx. Подключение устройств, визуализация, правила обработки данных. Интеграция с ERP через REST API, MQTT, OPC UA.
5	Проектирование локальных сетей управления для нефтегазовых промыслов	Топологии (звезда, кольцо, дерево). Расчёт нагрузки, времени цикла. Выбор между проводным и беспроводным сегментом. Пример для куста скважин.
6	Выбор линий связи и оборудования для агрессивных сред и экстремального климата	Медные кабели (экранирование, броня, влагозащита). ВОЛС (одномодовое, многомодовое). Радиоканалы: UHF, 2.4 ГГц, 5 ГГц, спутник. Учёт климата: вечная мерзлота, высокие/низкие температуры, ветровые и гололёдные нагрузки.
		Степени IP (65, 66, 67), взрывозащита Ex d, Ex e, Ex i, температурные классы T1-T6. Герметичные разъёмы, антикоррозийные покрытия.
7	Отказоустойчивость, диагностика и техническая документация	Резервирование каналов (быстрое переключение). Протоколы MRP, RSTP, PRP, HSR. Резервные контроллеры (горячий резерв).
		Методы поиска неисправностей, анализаторы протоколов. Составление технического задания, паспорта сети, инструкций по эксплуатации. РД, ПУЭ, правила Ростехнадзора.
8	Монтаж, пуско-наладка и техническое обслуживание инфокоммуникационного оборудования	Этапы: прокладка кабелей, соединение, заземление, измерение параметров. Опробование, тестирование нагрузки. Регламенты ТО, периодичность.

5.3. Лабораторные занятия

Таблица 5

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	Беспроводные сенсорные сети: LoRaWAN, NB-IoT, Zigbee	Настройка шлюза и датчика LoRaWAN, передача данных на сетевой сервер (TTN или ChirpStack)
		Развёртывание mesh-сети Zigbee (модули CC2530 или эмуляция), анализ маршрутизации
2	Проводные промышленные сети	Настройка обмена по Modbus TCP между ПЛК (эмулятор) и SCADA. Чтение/запись регистров
		Конфигурация Profinet-устройства в TIA Portal, циклический обмен данными
3		Создание простого IoT-шлюза на Raspberry Pi (или эмуляторе) с фильтрацией и отправкой MQTT

	Архитектура Edge Computing и IoT-платформы	Подключение эмулированных датчиков к ThingsBoard, создание дашборда, настройка алармов
4	Проектирование локальных сетей управления для нефтегазовых промыслов	Расчёт нагрузки и выбор топологии для сети сбора данных на кусте скважин (с использованием симулятора)
5	Выбор линий связи и оборудования для агрессивных сред и экстремального климата	Подбор кабеля (оптика или медь) для трассы вдоль нефтепровода с учётом климатической зоны (расчётное задание)
6	Отказоустойчивость, диагностика и техническая документация	Моделирование кольца с MRP в GNS3, измерение времени восстановления при обрыве

5.4. Практические (семинарские) занятия: нет

6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

Тематика докладов студентов + презентация:

1. Сравнение LoRaWAN и NB-IoT для задач мониторинга удалённых месторождений.
2. Протокол MQTT – архитектура, QoS, сохраняемые сообщения.
3. Применение WirelessHART в нефтехимической промышленности.
4. Модели энергопотребления узлов Zigbee и LoRa.
5. Edge Computing vs Fog Computing – обзор и примеры.
6. Интеграция IoT-платформ с ERP-системами через REST API.
7. Проектирование отказоустойчивой сети сбора данных для геотермальной станции.
8. Выбор оптического кабеля для условий вечной мерзлоты (расчёт температурного коэффициента затухания).
9. Взрывозащита оборудования (Ex d, Ex i) – области применения, монтаж.
10. Методика измерения параметров линий связи на нефтепромысле (рефлектометрия, петлевой тест).
11. Составление технического задания на модернизацию системы телемеханики.
12. Правила ПУЭ для прокладки кабелей во взрывоопасных зонах.
13. Расчёт коэффициента готовности узла связи с резервированием.
14. Применение солнечных панелей и аккумуляторов для питания IoT-узлов в отдалённых районах.
15. Кибербезопасность IoT – сегментация, шифрование, аутентификация устройств.
16. Опыт внедрения IoT на объектах ПАО «Газпром нефть».
17. Спутниковые каналы как резерв для наземных сетей управления.
18. Влияние гололёдно-ветровых нагрузок на воздушные линии связи.
19. Порядок проведения пуско-наладочных работ на объектах с категорией взрывоопасности.
20. Использование цифровых двойников для оптимизации сетевой инфраструктуры промысла.
21. Сравнение технологий промышленного Ethernet (Profinet, EtherCAT, Ethernet/IP).

22. Настройка VLAN для разделения технологического трафика и видео.
23. Методы синхронизации времени в распределённых системах сбора данных (PTP, NTP, GPS).
24. Опыт применения NB-IoT для интервального мониторинга скважин.
25. Моделирование сети управления в среде Cisco Packet Tracer (с модулями промышленных протоколов).

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов:

1. Промышленные вычислительные сети : учебное пособие / И. А. Елизаров, В. Н. Назаров, А. А. Третьяков, В. А. Погонин. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2024. — 97 с. — ISBN 978-5-8265-2794-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/145340.html> (дата обращения: 23.04.2026). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей
2. Современные промышленные интерфейсы для создания комплексов научных исследований / Э. В. Запонов, А. П. Мартынов, Д. Б. Николаев, В. Н. Фомченко. — Саров : Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2023. — 310 с. — ISBN 978-5-9515-0549-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/148079.html> (дата обращения: 23.04.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Росляков, А. В. Интернет вещей : учебное пособие / А. В. Росляков, С. В. Ваняшин, А. Ю. Гребешков. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2015. — 135 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/71837.html> (дата обращения: 23.04.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

7. Оценочные средства

7.1. Вопросы к рубежным аттестациям

К 1-ой рубежной аттестации:

1. Промышленный интернет вещей: определение, основные компоненты, отличия от потребительского IoT.
2. Стандарт LoRaWAN: модуляция LoRa, топология звезда, классы устройств.
3. Технология NB-IoT: частотные диапазоны, режимы энергосбережения, преимущества перед LoRa.
4. стек Zigbee: физический уровень IEEE 802.15.4, маршрутизация в mesh-сети.
5. Протокол MQTT: формат заголовка, темы, QoS 0/1/2, закреплённые сообщения (retained).
6. Протокол CoAP: сравнение с MQTT, модель запрос-ответ.
7. Архитектура Edge Computing: шлюз, фильтрация, агрегация, машинное обучение на грани.
8. PoT-платформы: функциональность (управление устройствами, визуализация, правила, интеграция).
9. Интеграция PoT с корпоративными системами: REST API, MQTT, OPC UA.
10. Проводные промышленные сети: Modbus RTU vs Modbus TCP.

11. Profibus DP: протокол FDL, циклический обмен, DDLМ, GSD-файлы.
12. Profinet: изохронный режим IRT, конфигурация в TIA Portal.
13. Ethernet/IP: объектная модель, неявные и явные сообщения.
14. Топологии сенсорных сетей: звезда, дерево, mesh – достоинства и недостатки.
15. Отказоустойчивые топологии: кольцо с MRP, двойное кольцо, PRP/HSR.

Ко 2-ой рубежной аттестации:

1. Расчёт загрузки сети Modbus RTU (коэффициент использования, время цикла).
2. Выбор типа линии связи для нефтепромысла в условиях низких температур (-50°C): учёт затухания, хрупкости изоляции.
3. Влияние геологических условий (скальные грунты, болота) на прокладку кабеля.
4. Степени защиты IP и взрывозащита оборудования для взрывоопасных зон (0,1,2).
5. Методика выбора промышленного коммутатора для агрессивной среды (Ex, IP, температурный класс).
6. Резервирование контроллеров: «холодный», «горячий» резерв, синхронизация состояния.
7. Состав технической документации на систему связи: ТЗ, ПС, паспорт сети, инструкция по эксплуатации.
8. Этапы монтажа и пуско-наладки инфокоммуникационного оборудования (проверка целостности, заземление, тестирование).
9. Диагностика неисправностей в промышленных сетях: анализаторы протоколов, рефлектометры, дымогенераторы.
10. Регламенты технического обслуживания (ежедневное, ежемесячное, годовое) для оборудования на промысле.
11. Обеспечение кибербезопасности IIoT: сегментация, шифрование TLS, аутентификация устройств.
12. Пример проектирования локальной сети управления для куста из 5 скважин (состав оборудования, линии связи, протоколы).
13. Расчёт времени автономной работы датчика LoRaWAN от батареи.
14. Нормативная база проектирования АСУ ТП на объектах нефтегазовой отрасли (РД, ПУЭ, ГОСТ Р МЭК 62443).
15. Цифровые двойники в управлении сетевой инфраструктурой промысла.

Образец билетов рубежной аттестации:

**Грозненский Государственный Нефтяной Технический Университет
им. акад. М.Д. Миллионщикова**

**Кафедра «Сети связи и системы коммутации»
Дисциплина «Промышленные сети и интерфейсы»
1-я рубежная аттестация**

Группа:

Семестр:

Билет №

1. Технология NB-IoT: частотные диапазоны, режимы энергосбережения, преимущества перед LoRa.
2. Стек Zigbee: физический уровень IEEE 802.15.4, маршрутизация в mesh-сети.

Преподаватель _____

Грозненский Государственный Нефтяной Технический Университет
им. акад. М.Д. Миллионщикова
Кафедра «Сети связи и системы коммутации»
Дисциплина «Промышленные сети и интерфейсы»
2-я рубежная аттестация
Группа: _____ Семестр: _____

Билет №

1. Диагностика неисправностей в промышленных сетях: анализаторы протоколов, рефлектометры, дымогенераторы.
2. Регламенты технического обслуживания (ежедневное, ежемесячное, годовое) для оборудования на промысле.

Преподаватель _____

7.2. Вопросы к зачету/ экзамену

Вопросы к экзамену:

1. Промышленный интернет вещей: определение, основные компоненты, отличия от потребительского IoT.
2. Стандарт LoRaWAN: модуляция LoRa, топология звезда, классы устройств.
3. Технология NB-IoT: частотные диапазоны, режимы энергосбережения, преимущества перед LoRa.
4. Стек Zigbee: физический уровень IEEE 802.15.4, маршрутизация в mesh-сети.
5. Протокол MQTT: формат заголовка, темы, QoS 0/1/2, закреплённые сообщения (retained).
6. Протокол CoAP: сравнение с MQTT, модель запрос-ответ.
7. Архитектура Edge Computing: шлюз, фильтрация, агрегация, машинное обучение на грани.
8. IoT-платформы: функциональность (управление устройствами, визуализация, правила, интеграция).
9. Интеграция IoT с корпоративными системами: REST API, MQTT, OPC UA.
10. Проводные промышленные сети: Modbus RTU vs Modbus TCP.
11. Profibus DP: протокол FDL, циклический обмен, DDLM, GSD-файлы.
12. Profinet: изохронный режим IRT, конфигурация в TIA Portal.
13. Ethernet/IP: объектная модель, неявные и явные сообщения.
14. Топологии сенсорных сетей: звезда, дерево, mesh – достоинства и недостатки.
15. Отказоустойчивые топологии: кольцо с MRP, двойное кольцо, PRP/HSR.
16. Расчёт загрузки сети Modbus RTU (коэффициент использования, время цикла).
17. Выбор типа линии связи для нефтепромысла в условиях низких температур (-50°C): учёт затухания, хрупкости изоляции.

18. Влияние геологических условий (скальные грунты, болота) на прокладку кабеля.
19. Степени защиты IP и взрывозащита оборудования для взрывоопасных зон (0,1,2).
20. Методика выбора промышленного коммутатора для агрессивной среды (Ex, IP, температурный класс).
21. Резервирование контроллеров: «холодный», «горячий» резерв, синхронизация состояния.
22. Состав технической документации на систему связи: ТЗ, ПС, паспорт сети, инструкция по эксплуатации.
23. Этапы монтажа и пуско-наладки инфокоммуникационного оборудования (проверка целостности, заземление, тестирование).
24. Диагностика неисправностей в промышленных сетях: анализаторы протоколов, рефлектометры, дымогенераторы.
25. Регламенты технического обслуживания (ежедневное, ежемесячное, годовое) для оборудования на промысле.
26. Обеспечение кибербезопасности ПоТ: сегментация, шифрование TLS, аутентификация устройств.
27. Пример проектирования локальной сети управления для куста из 5 скважин (состав оборудования, линии связи, протоколы).
28. Расчёт времени автономной работы датчика LoRaWAN от батареи.
29. Нормативная база проектирования АСУ ТП на объектах нефтегазовой отрасли (РД, ПУЭ, ГОСТ Р МЭК 62443).
30. Цифровые двойники в управлении сетевой инфраструктурой промысла.

Образец билета к экзамену:

Грозненский Государственный Нефтяной Технический Университет им. акад. М.Д. Миллионщикова Кафедра «Сети связи и системы коммутации» Дисциплина «Промышленные сети и интерфейсы» Группа: _____ Семестр: _____	
Билет №	
1. Регламенты технического обслуживания (ежедневное, ежемесячное, годовое) для оборудования на промысле. 2. Обеспечение кибербезопасности ПоТ: сегментация, шифрование TLS, аутентификация устройств.	
Подпись преподавателя _____	Подпись заведующего кафедрой _____

7.3. Текущий контроль

Образец типового задания для лабораторных занятий

Лабораторная работа

«Настройка шлюза и датчика LoRaWAN, передача данных на сетевой сервер»

Цель работы: Познакомиться с технологией LoRaWAN, научиться настраивать LoRaWAN-шлюз и оконечное устройство (датчик), регистрировать устройство на сетевом сервере (The Things Network или ChirpStack), передавать телеметрию и визуализировать данные.

Краткое описание:

Подготовка среды

Используйте LoRaWAN-шлюз на базе Raspberry Pi + концентратор SX1302 (или эмуляцию в среде LoRaServer / ChirpStack Docker).

Оконечное устройство: модуль на SX1276 (например, Dragino - Arduino, или любой LoRa-девайс с прошивкой).

Сетевой сервер (Network Server): The Things Network (TTN) Community Edition или локальный ChirpStack.

Приложение (Application Server): TTN Console / ChirpStack Console.

MQTT-клиент для подписки на данные (например, MQTT Explorer, mosquitto_sub) или интеграция с Node-RED.

2. Регистрация шлюза на сетевом сервере

Зарегистрируйтесь на TTN (или установите ChirpStack локально).

Добавьте шлюз: укажите Gateway ID (EUI из концентратора), координаты (опционально), частотный план (например, EU868, US915, RU864 – в зависимости от региона).

Убедитесь, что шлюз подключается к серверу (статус "Connected" / "Online").

3. Конфигурирование оконечного устройства

Создайте приложение (Application) в консоли.

Зарегистрируйте устройство (End Device): сгенерируйте или укажите DevEUI, AppEUI (JoinEUI), AppKey (для OTAA) или DevAddr, NwkSKey, AppSKey (для ABP).

Запишите эти ключи в прошивку датчика (через Arduino IDE, PlatformIO или AT-команды).

Выберите метод активации: OTAA (рекомендуется) или ABP.

4. Разработка прошивки датчика (пример для Arduino + SX1276)

```

cpp

#include <lmic.h>
#include <hal/hal.h>
#include <SPI.h>

// OTAA keys
static const u1_t PROGMEM DEVEUI[8] = { 0x00, 0x00, ... };
static const u1_t PROGMEM APPEUI[8] = { 0x00, 0x00, ... };
static const u1_t PROGMEM APPKEY[16] = { 0x00, 0x00, ... };

void os_getArtEui (u1_t* buf) { memcpy_P(buf, APPEUI, 8); }
void os_getDevEui (u1_t* buf) { memcpy_P(buf, DEVEUI, 8); }
void os_getDevKey (u1_t* buf) { memcpy_P(buf, APPKEY, 16); }

void do_send(osjob_t* j) {
    static float temperature = 22.5; // имитация датчика
    byte payload[2];
    payload[0] = highByte((int)(temperature * 10));
    payload[1] = lowByte((int)(temperature * 10));
    LMIC_setTxData2(1, payload, sizeof(payload), 0);
}

void onEvent (ev_t ev) {
    if (ev == EV_TXCOMPLETE) {
        os_setTimedCallback(&sendjob, os_getTime() + sec2osticks(30), do_send);
    }
}

void setup() {
    LMIC_init();
    LMIC_setLinkCheckMode(0);
    do_send(&sendjob);
}

```

5. Запуск и регистрация передачи

Загрузите прошивку в датчик.

Подайте питание, наблюдайте за последовательным портом (логи LMIC).

В консоли TTN или ChirpStack через несколько секунд должно появиться первое сообщение (Join Request → Join Accept → Data Up).

Проверьте принятые данные: они будут отображены в виде base64 или сырых байтов.

6. Декодирование полезной нагрузки (Payload)

В консоли создайте функцию декодирования (Payload Formatter) на JavaScript:

```

javascript

function decodeUplink(input) {
    var temp = (input.bytes[0] << 8) | input.bytes[1];
    return { data: { temperature: temp / 10.0 } };
}

```

Наблюдайте JSON-пакеты с полями `uplink_message.decoded_payload`.

8. Визуализация данных (опционально)

Настройте интеграцию с Node-RED: MQTT In → функция → Dashboard gauge.

Или используйте встроенный дашборд TTN (Data Storage) или Grafana + InfluxDB.

9. Исследование параметров радиоканала

Изменяйте параметры Spreading Factor (SF) в прошивке (`LMIC_setDrTxpow`).

Удаляйте датчик от шлюза (или ослабляйте сигнал аттенюатором) и наблюдайте за изменением RSSI, SNR.

Сделайте вывод о влиянии SF на дальность и время передачи.

10. Формирование отчёта

Отчёт должен содержать:

Схему подключения (шлюз → сетевой сервер → MQTT → приложение).

Скриншоты регистрации шлюза и устройства в консоли.

Код прошивки с комментариями.

Скриншоты полученных сообщений и расшифрованных данных.

График зависимости RSSI от расстояния (если проводили эксперимент).

Выводы о применимости LoRaWAN для мониторинга удалённых нефтегазовых объектов.

Контрольные вопросы для защиты

1. Какие методы активации устройств существуют в LoRaWAN (OTAA vs ABP)? В чём преимущества OTAA?
2. Что такое Spreading Factor (SF) и как он влияет на дальность и время передачи?
3. Какие классы устройств (A, B, C) предусмотрены в LoRaWAN? Какой класс используется по умолчанию?
4. Каким образом шлюз передаёт данные на сетевой сервер (протокол, порт)?
5. Почему в LoRaWAN запрещена передача “raw” IP-пакетов?
6. Как обеспечивается безопасность на уровне сети и приложения (AppKey, NwkSKey, AppSKey)?
7. Какие частотные планы используются в России для LoRaWAN (RU864)?

Как проверить качество связи (RSSI, SNR) и какие значения считаются приемлемыми?

7.4. Критерии оценивания текущей, рубежной и промежуточной аттестации

Наивысшая оценка лабораторной работы предусматривается в диапазоне от 2 до 5 баллов, в зависимости от сложности задания.

При оценке работы студента учитываются:

- уверенность действий при работе с изучаемым программным обеспечением;
- правильность выполнения необходимых шагов в лабораторной работе и адекватность / корректность полученного результата;
- умение самостоятельно находить способы решения возникающих проблем с помощью изучаемого программного обеспечения;
- способность ответить на вопросы преподавателя о последовательности выполненных шагов для получения результата.

При оценке работы студента на рубежной аттестации учитываются:

- правильность ответа на вопрос;
- логика изложения материала вопроса;
- выполнение практического задания.

7.5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

Таблица 7

Планируемые результаты освоения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения				Наименование оценочного средства
	менее 41 баллов (неудовлетворительно)	41-60 баллов (удовлетворительно)	61-80 баллов (хорошо)	81-100 баллов (отлично)	
ПК-3 – Способен эксплуатировать и развивать инфраструктуру промышленного интернета вещей (IIoT) с использованием проводных и беспроводных сенсорных сетей					
Знать: – протоколы прикладного уровня IIoT (MQTT, CoAP, AMQP); – технологии беспроводных сенсорных сетей (LoRaWAN, NB-IoT, Zigbee, WirelessHART); – архитектуры Edge и Fog Computing; – топологии mesh, звезда, дерево, их достоинства и недостатки.	Фрагментарные знания	Неполные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания	Комплект заданий для выполнения лабораторных работ, темы докладов с презентациями, вопросы по темам / разделам дисциплины
Уметь: – разрабатывать структурные схемы узлов сбора и концентраторов; – настраивать маршрутизацию и управление топологией в mesh-сетях (Zigbee, LoRa); – рассчитывать энергопотребление и время автономной работы датчиков; – применять режимы энергосбережения (duty cycling, sleep modes).	Частичные умения	Неполные умения	Умения полные, допускаются небольшие ошибки	Сформированные умения	

Владеть: – методами интеграции IIoT-шлюзов и платформ (например, ThingsBoard, AWS IoT, IBM Watson) с ERP/MES; – навыками настройки коннекторов MQTT, REST API, OPC UA; – приёмами визуализации данных и создания дашбордов.	Частичное владение навыками	Несистематическое применение навыков	В систематическом применении навыков допускаются пробелы	Успешное и систематическое применение навыков	
ПК-6 – Способен проектировать и эксплуатировать инфокоммуникационные сети и системы управления технологическими процессами на объектах нефтегазовой и геотермальной энергетики с учётом отраслевых требований и условий эксплуатации					
Знать: – архитектуру АСУ ТП (полевой, контроллерный, SCADA, MES/ERP); – стек промышленных протоколов (Modbus RTU/TCP, Profibus, Profinet, Ethernet/IP); – требования IP, Ex, температурного исполнения для нефтегазовых объектов.	Фрагментарные знания	Неполные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания	Комплект заданий для выполнения лабораторных работ, темы докладов с презентациями, вопросы по темам / разделам дисциплины
Уметь: – разрабатывать принципиальные схемы подключения ПЛК и удалённого ввода/вывода; – настраивать управляемые коммутаторы (VLAN, QoS, IGMP, резервирование); – обосновывать выбор линии связи (медь, оптика, радиомост) с учётом климатических условий (вечная	Частичные умения	Неполные умения	Умения полные, допускаются небольшие ошибки	Сформированные умения	

Владеть: — методами резервирования (кольцевые топологии, MRP, PRP, резервные контроллеры); — навыками составления технической документации (ПС, ТУ, инструкции по эксплуатации); — подходами к монтажу, пуско-наладке и техобслуживанию оборудования.	Частичное владение навыками	Несистематическое применение навыков	В систематическом применении навыков допускаются пробелы	Успешное и систематическое применение навыков	
---	--------------------------------	---	--	---	--

8. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся созданы фонды оценочных средств, адаптированные для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья и позволяющие оценить достижение ими запланированных в основной образовательной программе результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций, заявленных в образовательной программе. Форма проведения текущей аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.). При тестировании для слабовидящих студентов используются фонды оценочных средств с укрупненным шрифтом. На экзамен приглашается сопровождающий, который обеспечивает техническое сопровождение студенту. При необходимости студенту-инвалиду предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене (или зачете). Обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и обучающиеся инвалиды обеспечиваются печатными и электронными образовательными ресурсами (программы, учебные пособия для самостоятельной работы и т.д.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

1) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по зрению:**

- **для слепых:** задания для выполнения на семинарах и практических занятиях оформляются рельефно-точечным шрифтом Брайля или в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением для слепых, либо зачитываются ассистентом; письменные задания выполняются на бумаге рельефно-точечным шрифтом Брайля или на компьютере со специализированным программным обеспечением для слепых либо надиктовываются ассистенту; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется комплект письменных принадлежностей и бумага для письма рельефно-точечным шрифтом Брайля, компьютер со специализированным программным обеспечением для слепых;

- **для слабовидящих:** обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств; задания для выполнения заданий оформляются увеличенным шрифтом;

2) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по слуху:**

- **для глухих и слабослышащих:** обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающимся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования; предоставляются услуги сурдопереводчика;

- **для слепоглухих** допускается присутствие ассистента, оказывающего услуги тифлосурдопереводчика (помимо требований, выполняемых соответственно для слепых и глухих);

3) для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих лекции и семинары, проводимые в устной форме, проводятся в письменной форме;

4) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, **имеющих**

нарушения опорно-двигательного аппарата:

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата, нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей: письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту; выполнение заданий (тестов, контрольных работ), проводимые в письменной форме, проводятся в устной форме путем опроса, беседы с обучающимся.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1. Ившин, В. П. Беспроводная сеть сбора и передачи измерительной информации в АСУТП : учебное пособие / В. П. Ившин. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. — 240 с. — ISBN 978-5-7882-1848-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/61960.html> (дата обращения: 23.04.2026). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей
2. Шерстнева, О. Г. Интерфейс V5.2 : учебное пособие / О. Г. Шерстнева. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2008. — 77 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/40531.html> (дата обращения: 23.04.2026). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей
3. Современные промышленные интерфейсы для создания комплексов научных исследований / Э. В. Запонов, А. П. Мартынов, Д. Б. Николаев, В. Н. Фомченко. — Саров : Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2023. — 310 с. — ISBN 978-5-9515-0549-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/148079.html> (дата обращения: 23.04.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
4. Шерстнева, О. Г. Интерфейсы и протоколы цифровых систем коммутации : учебное пособие / О. Г. Шерстнева, А. А. Шерстнева. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2018. — 149 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/84067.html> (дата обращения: 23.04.2026). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей
5. Козырева, Н. С. Инженерные сети и оборудование : учебное пособие / Н. С. Козырева. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2021. — 191 с. — ISBN 978-985-7253-84-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/125403.html> (дата обращения: 23.04.2026). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

Интернет-ресурсы:

1. Электронно-библиотечная система ГГНТУ «Университетская библиотека онлайн : [сайт]. — URL: <https://www.lib.gstou.ru>
2. Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru>

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

10.1. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Лабораторные аудитории с реальным оборудованием
2. Классы с персональными компьютерами (ПК) для проведения групповых занятий (две подгруппы по 10-12 студентов на одного преподавателя)

10.2. Помещения для самостоятельной работы

Учебная аудитория для самостоятельной работы – 2-23.

Методические указания по освоению дисциплины «Промышленные сети и интерфейсы»

1. Методические указания для обучающихся по планированию и организации времени, необходимого для освоения дисциплины

Изучение рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой дисциплины, ее структурой и содержанием разделов (модулей), фондом оценочных средств, ознакомиться с учебно-методическим и информационным обеспечением дисциплины.

Дисциплина «Промышленные сети и интерфейсы» состоит из восьми связанных между собой разделов, обеспечивающих последовательное изучение материала.

Обучение по дисциплине «Промышленные сети и интерфейсы» осуществляется в следующих формах:

1. Аудиторные занятия (лекции, лабораторные занятия).
2. Самостоятельная работа студента (подготовка к лекциям, лабораторным занятиям, доклады с презентациями, индивидуальная консультация с преподавателем).

Учебный материал структурирован и изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Каждому лабораторному занятию и самостоятельному изучению материала предшествует лекция по данной теме. Обучающиеся самостоятельно проводят предварительную подготовку к занятию, принимают активное и творческое участие в обсуждении теоретических вопросов, разборе проблемных ситуаций и поисков путей их решения.

Описание последовательности действий обучающегося:

При изучении курса следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий:

1. После окончания учебных занятий для закрепления материала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня, разобрать рассмотренные примеры (10-15 минут).
2. При подготовке к лекции следующего дня повторить текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть следующая тема (10-15 минут).
3. В течение недели выбрать время для работы с литературой в электронной библиотечной системе (по 1 часу).
4. При подготовке к лабораторному занятию повторить основные понятия по теме, изучить примеры. Решая конкретную ситуацию, – предварительно понять, какой теоретический материал нужно использовать. Наметить план решения, попробовать на его основе решить 1-2 задачи.

2. Методические указания по работе обучающихся во время проведения лекций

Лекции дают обучающимся систематизированные знания по дисциплине, концентрируют их внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Лекции обычно излагаются в традиционном или в проблемном стиле. Для студентов в большинстве случаев в проблемном стиле. Проблемный стиль позволяет стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся и их интерес к дисциплине, формировать творческое мышление, прибегать к противопоставлениям и сравнениям, делать обобщения, активизировать внимание обучающихся путем постановки проблемных вопросов, поощрять дискуссию.

Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть того или иного явления, выводы и практические рекомендации.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает преподаватель, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями «важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.

Работая над конспектом лекций, необходимо использовать не только основную литературу, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал преподаватель. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

Тематика лекций дается в рабочей программе дисциплины.

3. Методические указания обучающимся по подготовке к лабораторным занятиям

На лабораторных занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике занятий.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к лабораторному занятию:

1. Ознакомиться с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы.
2. Проработать конспект лекций.
3. Прочитать основную и дополнительную литературу.

В процессе подготовки к лабораторным занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов отношение к конкретной проблеме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

1. Ответить на вопросы плана лабораторного занятия.
2. Выполнить домашнее задание.
3. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы, выступать и участвовать в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильно выполнять практические задания, которые даются в фонде оценочных средств дисциплины.

4. Методические указания обучающимся по организации самостоятельной работы

Цель организации самостоятельной работы по дисциплине – это углубление и расширение знаний в области научной исследовательской деятельности; формирование навыка и интереса к самостоятельной познавательной деятельности.

Самостоятельная работа обучающихся является важнейшим видом освоения содержания дисциплины, подготовки к практическим занятиям и к контрольной работе. Сюда же относятся и самостоятельное углубленное изучение тем дисциплины. Самостоятельная работа представляет собой постоянно действующую систему, основу образовательного процесса и носит исследовательский характер, что послужит в будущем основанием для написания выпускной квалификационной работы, практического применения полученных знаний.

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению, с учетом потребностей и возможностей личности.

Правильная организация самостоятельных учебных занятий, их систематичность, целесообразное планирование рабочего времени позволяет студентам развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

Подготовка к лабораторному занятию включает, кроме проработки конспекта и презентации лекции, поиск литературы (по рекомендованным спискам и самостоятельно), подготовку заготовок для выступлений по вопросам, выносимым для обсуждения по конкретной теме. Такие заготовки могут включать цитаты, факты, сопоставление различных позиций, собственные мысли. Если проблема заинтересовала обучающегося, он может подготовить реферат и выступить с ним на практическом занятии. Лабораторное занятие – это, прежде всего, дискуссия, обсуждение конкретной ситуации, то есть предполагает умение внимательно слушать членов малой группы и модератора, а также стараться высказать свое мнение, высказывать собственные идеи и предложения, уточнять и задавать вопросы коллегам по обсуждению.

При подготовке к контрольной работе (рубежной аттестации) обучающийся должен повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, используя конспект лекций и литературу, рекомендованную преподавателем. При необходимости можно обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий – на лекциях, лабораторных занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания – на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Виды СРС и критерии оценок

(по балльно-рейтинговой системе ГГНТУ, СРС оценивается в 15 баллов)

1. Доклад с презентацией
2. Подготовка к лабораторным занятиям

Темы для самостоятельной работы прописаны в рабочей программе дисциплины. Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), лабораторных, к изданиям электронных библиотечных систем.

Составитель:

Ст. преподаватель кафедры
«Сети связи и системы коммутации»

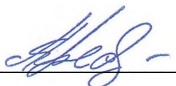

Занаева З.С.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой «Сети связи и
системы коммутации»


Пашаев М.Я.

Директор ДУМР


Магомаева М.А.