

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Магомед Шавалович

Должность: Ректор

Дата подписания: 20.06.2026 13:22:59

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени академика М.Д. Миллионщикова



«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор

И.Г. Гайрабеков

— «22» 05 2026г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Сети беспроводной связи»

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

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов систематизированных знаний в области проектирования, настройки и эксплуатации современных беспроводных и спутниковых систем связи. В рамках курса изучаются архитектура и принципы функционирования сетей LTE/5G, особенности распространения радиоволн в сложных условиях (северные и горные местности), методология расчёта зон покрытия, а также принципы выбора и конфигурирования спутниковых терминалов VSAT для организации связи на удалённых объектах нефтегазового комплекса.

Задачами изучения данной дисциплины являются:

1. освоение студентами архитектуры и принципов работы сетей LTE/5G, а также спутниковых систем связи (VSAT, ГЛОНАСС/GPS);
2. формирование умений выполнять расчёты зон покрытия сетей LTE/5G и компилировать бюджет линий связи для различных сценариев развёртывания;
3. приобретение практических навыков выбора, конфигурирования и тестирования оборудования базовых станций, абонентских терминалов и VSAT-оборудования;
4. изучение подходов к интеграции беспроводных систем с проводной инфраструктурой и системами сбора данных (SCADA, IoT);
5. освоение методов проведения полевых измерений параметров радиоканалов и оптимизации сетей связи.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений программы бакалавриата по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». Изучение дисциплины базируется на знаниях и навыках, полученных студентами в рамках таких дисциплин, как «Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей», «Физика», «Теоретические основы радиотехники».

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-7 — Способен проектировать и настраивать современные беспроводные и спутниковые системы связи	ПК-7.1. Знает архитектуру сетей LTE/5G, принципы работы спутниковых систем (VSAT, ГЛОНАСС/GPS), особенности распространения радиоволн в сложных	Знать: — архитектуру и принципы построения сетей сотовой связи стандартов LTE и 5G NR; — принципы организации спутниковой связи, архитектуру и компоненты систем VSAT; — основные модели распространения радиоволн и методы компенсации замираний в условиях сложного

	условиях (север, горная местность).	рельефа; — принципы работы глобальных навигационных спутниковых систем (ГЛОНАСС/GPS).
	ПК-7.2. Умеет рассчитывать зоны покрытия, выбирать оборудование базовых станций и терминалов, настраивать параметры радиодоступа.	Уметь: — выполнять расчёт бюджета линии и зон покрытия для сетей LTE/5G с использованием стандартных методик и программных средств; — выбрать и обосновывать параметры базовых станций и абонентских терминалов в зависимости от условий эксплуатации; — конфигурировать параметры радиодоступа на оборудовании беспроводных сетей; — осуществлять выбор и начальную настройку спутниковых терминалов VSAT для организации основного или резервного канала связи.
	ПК-7.3. Владеет навыками развёртывания и тестирования беспроводных и спутниковых каналов связи для промышленного интернета вещей.	Владеть: — навыками развёртывания и тестирования оборудования беспроводных и спутниковых систем связи на удалённых и труднодоступных объектах; — методами интеграции беспроводных систем с проводной инфраструктурой и системами сбора данных (SCADA, IoT); — методиками проведения полевых измерений параметров радиоканалов (RSSI, SINR, уровень сигнала) и оптимизации сетей связи

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов/ зач.ед.	Семестр 7
		ОФО	ОФО
		ОФО	ОФО
Контактная работа (всего)		51/1,4	51/1,4
В том числе:			
Лекции		17/0,5	17/0,5
Практические занятия		-	-
Практическая подготовка		-	-
Лабораторные занятия		34/0,9	34/0,9
Самостоятельная работа (всего)		57/1,6	57/1,6
В том числе:			
Курсовая работа (проект)		-	-
Расчетно-графические работы		-	-
ИТР		-	-
Рефераты		-	-
Доклады с презентациями		21/0,6	21/0,6
<i>И (или) другие виды самостоятельной работы:</i>			
Подготовка к лабораторным работам		18/0,5	18/0,5
Подготовка к практическим занятиям		-	-
Подготовка к зачету		18/0,5	18/0,5
Подготовка к экзамену		-	-
Вид отчетности		зачет	зачет
Общая трудоемкость дисциплины	ВСЕГО в часах	108	108
	ВСЕГО в зач. единицах	3	3

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. Распространение радиоволн	2	—	2
2	Архитектура и принципы LTE	2	4	6
3	Расчёт зон покрытия LTE/5G	4	8	12
4	Технологии 5G NR	2	4	6
5	Спутниковые системы VSAT	3	6	9

6	Интеграция с проводной инфраструктурой и IoT	2	6	8
7	Промышленные беспроводные сети (LPWAN)	1	4	5
8	Полевые измерения и оптимизация	1	2	3
	Итого	17	34	51

5.2. Лекционные занятия

Таблица 4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Введение. Основы распространения радиоволн и стандартизации беспроводной связи	Роль беспроводных технологий в современных инфокоммуникациях. Классификация беспроводных сетей (WPAN, WLAN, WWAN). Нормативно-правовая база и стандартизация (3GPP, IEEE, ITU-R). Физические основы распространения радиоволн: механизмы замираний, дифракция, отражение, рассеяние. Особенности распространения в сложных условиях (горная местность, лес, городская застройка).
2	Архитектура и принципы построения сетей LTE	Эволюция сотовых сетей (2G→3G→4G). Архитектура сети LTE (eNodeB, MME, SGW, PGW, HSS). Протоколы плоскости пользователя и управления. Структура радиокадра, физические каналы и сигналы. Технологии MIMO, OFDMA, SC-FDMA. Понятие бюджета линии радиосвязи.
3	Расчёт зон покрытия и бюджета линии связи в сетях LTE/5G	Методология расчёта зон покрытия сотовых сетей. Модели распространения радиоволн (Okumura-Hata, COST 231, модели для 5G). Расчёт максимально допустимых потерь на трассе (MAPL) и радиуса соты. Факторы, влияющие на размер соты: рабочая частота, высота подвеса антенн, рельеф местности. Практические методики расчёта и программные средства для планирования сетей (Atoll, ICS Telecom, open source решения).
4	Технологии 5G NR: архитектура, частотные диапазоны, сценарии применения	Эволюция от LTE к 5G NR. Архитектура 5G (NSA/SA), сегменты частот (FR1, FR2). Сценарии использования: eMBB, URLLC, mMTC. Бюджет линии для 5G: учёт beamforming и высокой несущей частоты (mmWave). Расчёт затухания для диапазонов 3,5 ГГц и 28 ГГц.

5	Спутниковые системы связи. Принципы работы и конфигурирование VSAT	Спутниковая связь: принципы и классификация. Геостационарные и низкоорбитальные системы. Компоненты VSAT: антенная система, BUC, LNB, модем. Архитектура сетей VSAT (звезда, точка-точка, mesh). Выбор спутника и расчёт углов наведения антенны. Конфигурирование терминала для организации основного/резервного канала на удалённых месторождениях.
6	Интеграция беспроводных систем с проводной инфраструктурой и IoT	Взаимодействие радиосетей и магистральных инфраструктур. Протоколы промышленного интернета вещей (MQTT, OPC UA, Modbus TCP). Особенности интеграции беспроводных сенсорных сетей с системами сбора данных (SCADA). Вопросы синхронизации времени и надёжности доставки данных. Промышленные роутеры и шлюзы: выбор и конфигурация.
7	Промышленные беспроводные сети (LPWAN, LoRaWAN, NB-IoT, ZigBee)	Обзор технологий для промышленного IoT: LoRaWAN, NB-IoT, ZigBee, WirelessHART. Особенности планирования покрытия в LPWAN. Применение для мониторинга технологических параметров на нефтегазовых объектах. Сравнение и выбор технологии в зависимости от задач.
8	Полевые измерения и оптимизация беспроводных сетей связи	Методики проведения полевых измерений параметров радиоканалов (RSSI, RSRP, RSRQ, SINR, CQI). Приборное обеспечение: спектроанализаторы, драйв-тест системы, софт-тестирование. Анализ результатов измерений, выявление проблемных зон. Методы оптимизации: регулировка наклонов антенн, изменение мощности, добавление сот. Кейсы оптимизации для нефтегазовых предприятий.

5.3. Лабораторные занятия

Таблица 5

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	Архитектура и принципы построения сетей LTE	1. Исследование протоколов и интерфейсов сети LTE в эмуляторе (GNS3 с модулями LTE).
2	Расчёт зон покрытия и бюджета линии связи в сетях LTE/5G	1. Расчёт бюджета линии и зоны покрытия базовой станции LTE с использованием табличного процессора. 2. Моделирование зоны покрытия сети LTE в специализированном ПО (Atoll/RadioMobile или аналог).
3	Технологии 5G NR	1. Оценка влияния частотного диапазона на зону покрытия и ёмкость сети 5G NR (расчётное задание).
4	Спутниковые системы связи. Конфигурирование VSAT	1. Расчёт параметров спутниковой линии VSAT. Расчёт бюджета линии и отношения сигнал/шум. 2. Имитационное конфигурирование спутникового терминала VSAT и проверка связи.

5	Интеграция беспроводных систем с проводной инфраструктурой и IoT	1. Настройка промышленного LTE-роутера и интеграция с проводной сетью. 2. Организация сбора данных с беспроводных датчиков в SCADA-систему с использованием MQTT.
6	Промышленные беспроводные сети (LPWAN)	1. Исследование зоны покрытия и энергопотребления в сети LoRaWAN (с использованием модулей SX1276/SX130x или эмуляции). 2. Настройка и тестирование сети ZigBee для промышленного мониторинга.
7	Полевые измерения и оптимизация	1. Обработка и анализ результатов драйв-теста LTE. Выработка рекомендаций по оптимизации (на основе

5.4. Практические (семинарские) занятия: нет

6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

Тематика докладов студентов + презентация:

1. Сравнительный анализ моделей распространения радиоволн для планирования городских и сельских сетей LTE.
2. Особенности расчёта бюджета линии для сетей 5G в диапазоне миллиметровых волн (mmWave).
3. Технологии MIMO и Massive MIMO: принципы работы и влияние на ёмкость сети.
4. Протоколы промышленного интернета вещей (MQTT, CoAP, OPC UA): анализ и выбор для нефтегазового сектора.
5. Применение LPWAN-технологий (NB-IoT, LoRaWAN) в задачах промышленного мониторинга.
6. Архитектура и принципы функционирования спутниковых систем OneWeb и Starlink. Перспективы применения для северных и удалённых месторождений.
7. Методы синхронизации времени в распределённых беспроводных системах сбора данных (PTP, NTP, GPS/GNSS).
8. Инструменты для полевого тестирования и оптимизации сетей LTE/5G: обзор и сравнение.
9. Выбор и конфигурирование спутникового терминала VSAT для условий Крайнего Севера.
10. Кейсы внедрения IoT на нефтегазовых предприятиях России.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов:

1. Райфельд, М. А. Основы построения современных систем сотовой связи : учебник / М. А. Райфельд. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 416 с. — ISBN 978-5-7782-3131-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91273.html> (дата обращения: 23.04.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Маглицкий, Б. Н. Основы построения систем связи с подвижными объектами : учебное пособие / Б. Н. Маглицкий. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2018. — 327 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL:

<https://www.iprbookshop.ru/84071.html> (дата обращения: 23.04.2026). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

3. Нерсисянц, А. А. Имитационное моделирование инфокоммуникационных сетей и устройств : учебное пособие / А. А. Нерсисянц. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 113 с. — ISBN 978-5-4497-1708-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/122222.html> (дата обращения: 26.07.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

7. Оценочные средства

7.1. Вопросы к рубежным аттестациям

К 1-ой рубежной аттестации:

1. Архитектура сети LTE: основные узлы, протоколы и интерфейсы.
2. Структура радиокадра LTE. Физические каналы и сигналы.
3. Технологии OFDMA и SC-FDMA: принципы работы, достоинства и недостатки.
4. Понятие бюджета линии радиосвязи. Основные составляющие.
5. Модели распространения радиоволн для расчёта зон покрытия (Okumura-Hata, COST 231).
6. Методика расчёта максимально допустимых потерь на трассе (MAPL).
7. Факторы, влияющие на радиус соты в сетях LTE.
8. Принципы множественного доступа в сотовых сетях (FDMA, TDMA, CDMA, OFDMA).
9. Особенности распространения сигналов в горной местности и методы компенсации замираний.
10. Классификация беспроводных сетей. Стандарты IEEE 802.11, 802.15, 802.16.

Ко 2-ой рубежной аттестации:

1. Архитектура сети 5G NR: режимы NSA и SA, основные узлы и интерфейсы.
2. Частотные диапазоны 5G NR (FR1, FR2). Особенности распространения mmWave.
3. Сценарии использования 5G: eMBB, URLLC, mMTC.
4. Структура и компоненты спутниковой системы VSAT.
5. Выбор спутника и расчёт углов наведения антенны VSAT.
6. Расчёт бюджета линии для спутникового канала VSAT.
7. Протоколы промышленного интернета вещей (MQTT, OPC UA, Modbus).
8. Особенности интеграции беспроводных сетей с системами SCADA.
9. Технологии LPWAN: LoRaWAN и NB-IoT (сравнение, зона покрытия, энергопотребление).
10. Методика проведения драйв-теста и постобработки результатов.

Образец билетов рубежной аттестации:

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

Билет №

1. Понятие бюджета линии радиосвязи. Основные составляющие.
2. Модели распространения радиоволн для расчёта зон покрытия (Okumura-Hata, COST 231).

Преподаватель _____

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

Билет №

1. Сценарии использования 5G: eMBB, URLLC, mMTC.
2. Структура и компоненты спутниковой системы VSAT.

Преподаватель _____

7.2. Вопросы к зачету/ экзамену

ОФО 5 семестр ЗФО 6 семестр

Вопросы к зачету:

1. Классификация и основные стандарты беспроводных сетей связи.
2. Архитектура сети LTE: опорные узлы и интерфейсы.
3. Структура радиокадра LTE. Физические каналы и сигналы.
4. Принципы OFDMA и SC-FDMA в сетях LTE.
5. Технология MIMO: принципы работы и влияние на пропускную способность.
6. Расчёт бюджета линии и зоны покрытия базовой станции LTE.
7. Модели распространения радиоволн для планирования сотовых сетей.
8. Архитектура сети 5G NR (NSA/SA). Частотные диапазоны.
9. Бюджет линии для 5G: учёт beamforming и высоких частот.
10. Сценарии использования сетей 5G: eMBB, URLLC, mMTC.
11. Структура и принципы работы спутниковых систем VSAT.
12. Компоненты VSAT: антенна, BUC, LNB, модем.
13. Архитектуры сетей VSAT (звезда, mesh, точка-точка).
14. Расчёт углов наведения и бюджета линии для VSAT.
15. Интеграция беспроводных систем с SCADA и IoT.
16. Промышленные роутеры и шлюзы. Настройка VPN-туннелей.

17. Технологии LPWAN: LoRaWAN. Планирование покрытия и ёмкости.
18. Технологии LPWAN: NB-IoT. Интеграция с сотовыми сетями.
19. Проведение полевых измерений: параметры RSRP, RSRQ, SINR, CQI.
20. Методы оптимизации беспроводных сетей (антенные системы, управление мощностью).
21. Помехоустойчивое кодирование в сетях LTE/5G.
22. Протоколы промышленного IoT: MQTT / OPC UA.
23. Особенности развёртывания беспроводных систем на удалённых месторождениях.
24. Спутниковая навигация GPS/ГЛОНАСС: принципы работы и применение в синхронизации.
25. Обеспечение кибербезопасности в беспроводных промышленных сетях.

Образец билета к зачету:

Грозненский Государственный Нефтяной Технический Университет им. акад. М.Д. Миллионщикова Кафедра «Сети связи и системы коммутации» Дисциплина «Сети беспроводной связи» Группа: _____ Семестр: _____ Билет № _____	
1. Сценарии использования сетей 5G: eMBB, URLLC, mMTC. 2. Структура и принципы работы спутниковых систем VSAT.	
Подпись преподавателя _____	Подпись заведующего кафедрой _____

7.3. Текущий контроль

Образец типового задания для лабораторных занятий

Лабораторная работа

«Исследование протоколов и интерфейсов сети LTE в эмуляторе (GNS3 с модулями LTE).»

Цель работы: Познакомить студентов с базовыми принципами функционирования сети LTE, составом элементов архитектуры (eNodeB, MME, SGW, PGW, HSS) и протоколами плоскости управления и пользователя. Научиться анализировать сигнальный обмен, устанавливать IP-соединение абонента (UE) и исследовать процедуры хэндовера..

Краткое описание:

1. Сборка топологии в GNS3
 - a) Установите и настройте GNS3 с поддержкой образов виртуальных маршрутизаторов Cisco IOSv или vIOS, а также специализированных образов для LTE (например, StarOS или имитация через QEMU с OpenAirInterface / srsLTE, либо используйте встроенный модуль LTE-сервисов GNS3 при наличии).
 - b) Соберите схему:

Один UE (абонентский терминал, имитируется Linux-ПК или маршрутизатором с LTE-модемом).

Одна eNodeB (базовая станция, может быть эмулирована через QEMU с ПО OpenAirInterface или через Cisco ASR 5000).

MME (Mobility Management Entity) – отдельное виртуальное устройство.

SGW + PGW (может быть совмещено).

HSS (Home Subscriber Server).

Интернет-роутер (Cisco IOS) и ПК клиента (проверка доступа в сеть).

2. Настройка базовых IP-адресов

- a) Назначьте IP-адреса на всех интерфейсах между сетевыми элементами согласно схеме:
Интерфейсы S1-MME (eNodeB – MME), S1-U (eNodeB – SGW), S11 (MME – SGW), S5/S8 (SGW – PGW), S6a (MME – HSS).
- b) Используйте адресацию из частного диапазона (например, 10.10.x.x/24).
- c) На PGW настройте интерфейс Gi (выход в интернет) и добавьте маршрут по умолчанию к пограничному маршрутизатору.

3. Конфигурация базовых станций (eNodeB)

- a) Укажите номер соты, диапазон частот (например, Band 3 – 1800 МГц), полосу пропускания 10 МГц.
- b) Назначьте IP-адрес для S1-MME- и S1-U-связи, укажите адреса MME и SGW.
- c) Настройте параметры радиодоступа: максимальную мощность передачи, список соседних сот (для хэндовера).

4. Конфигурация MME

- a) Задайте адреса S1-MME и S11.
- b) Настройте параметры идентификации UE (IMSI, TMSI), поддержку NAS-протокола (Attach/Detach, Authentication, Security Mode Control).
- c) Включите таймеры Tracking Area Update.

5. Конфигурация SGW и PGW

- a) На SGW: укажите S1-U, S11 и S5/S8 интерфейсы, задайте адрес PGW.
- b) На PGW: настройте пул IP-адресов для выделения UE (например, 192.168.100.0/24), активируйте NAT на интерфейсе Gi.

6. Конфигурация HSS

- a) Добавьте записи об абонентах: IMSI, секретный ключ K, алгоритм шифрования (например, XOR или Milenage).
- b) Укажите идентификаторы обслуживающего MME, подписанные APN (например, «internet»).

7. Запуск LTE-сети и регистрация UE

- a) Запустите все виртуальные экземпляры, проверьте установку SCTP-ассоциаций между eNodeB и MME.
- b) Иницируйте присоединение UE (Attach Request).
- c) С помощью команд отладки (debug) на MME и eNodeB отследите последовательность сообщений:

Attach Request → Identity/Authentication → Security Mode Command → Attach Accept → RRC Reconfiguration.

- d) Убедитесь, что UE получает IP-адрес из пула PGW (командой ifconfig на эмулированном UE).

8. Исследование протоколов плоскости управления

- a) На интерфейсе S1-MME (eNodeB ↔ MME) запустите сниффинг трафика (Wireshark).
- b) Изучите инкапсуляцию NAS-сообщений в S1-AP и SCTP.
- c) Приведите пример прикрепления (Attach), указав тип сообщений:
Initial UE Message (содержит NAS PDU – Attach Request)
Downlink NAS Transport (содержит Attach Accept / Activate Default EPS Bearer Context Request).

- d) Зафиксируйте процедуру аутентификации (Authentication Request/Response) и шифрования.

9. Исследование плоскости пользователя

- a) На интерфейсе S1-U (eNodeB ↔ SGW) запустите захват трафика.
- b) Сгенерируйте ping с UE на какой-либо внешний хост (например, 8.8.8.8).
- c) Определите, в какой туннель (GTP-U) инкапсулируются IP-пакеты UE. Запишите TEID (Tunnel Endpoint Identifier).
- d) Проследите путь пакета через SGW и PGW до выхода в интернет.

10. Эмуляция хэндовера (передачи) между двумя eNodeB

- a) Добавьте в топологию вторую eNodeB, подключите её к той же MME и SGW.
- b) Задайте соседние отношения между eNodeB (X2-интерфейс).
- c) Имитируйте перемещение UE с помощью скриптов (или отключите/включите радиомодули).
- d) Проанализируйте сообщения X2-AP: Handover Request, Handover Request Ack, SN Status Transfer, UE Context Release.
- e) Обратите внимание на нулевые потери пакетов (make-before-break).

11. Изучение управляющих таймеров и отказоустойчивости

- a) Выключите MME и наблюдайте за поведением UE (TAU Request, попытка перерегистрации).
- b) Отключите SGW, проверьте переключение на резервный SGW, если он сконфигурирован.

12. Формирование отчёта

- a) В отчёте необходимо отобразить схему топологии с IP-адресами.
- b) Представить скриншоты логов Wireshark с пояснениями ключевых сообщений (Attach, Authentication, GTP-U).
- c) Описать последовательность шагов хэндовера, указать TEID до и после переключения.
- d) Сделать вывод о роли каждого элемента (eNodeB, MME, SGW, PGW, HSS) в обеспечении мобильности и сеансовой связности.

Контрольные вопросы для защиты

1. Какие интерфейсы используются между eNodeB и MME? Какие протоколы на них работают (S1-AP, SCTP, NAS)?
2. Для чего на PGW выполняется NAT?
3. Что такое TEID и как он меняется при хэндовере между eNodeB?
4. Какие сообщения NAS участвуют в процедуре Attach?
5. Зачем в сети LTE нужен X2-интерфейс?

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-7: Способен проектировать и настраивать современные беспроводные и спутниковые системы связи					
Знать: — архитектуру и принципы построения сетей сотовой связи стандартов LTE и 5G NR; — принципы организации спутниковой связи, архитектуру и компоненты систем VSAT; — основные модели распространения радиоволн и методы компенсации замираний в условиях сложного рельефа; — принципы работы глобальных навигационных спутниковых систем (ГЛОНАСС/GPS).	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: — выполнять расчёт бюджета линии и зон покрытия для сетей LTE/5G с использованием стандартных методик и программных средств; — выбирать и обосновывать параметры базовых станций и абонентских терминалов в зависимости от условий эксплуатации; — конфигурировать параметры радиодоступа на оборудовании беспроводных сетей; — осуществлять выбор и начальную настройку спутниковых терминалов VSAT для организации основного или резервного канала связи.	Частичные умения	Неполные умения	Умения полные, допускаются небольшие ошибки	Сформированные умения	
Владеть: — навыками развёртывания и тестирования оборудования беспроводных и спутниковых систем связи на удалённых и труднодоступных объектах; — методами интеграции беспроводных систем с проводной инфраструктурой и системами сбора данных (SCADA, IoT); — методиками проведения полевых измерений параметров радиоканалов (RSSI, SINR, уровень сигнала) и оптимизации сетей связи	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. Райфельд, М. А. Основы построения современных систем сотовой связи : учебник / М. А. Райфельд. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 416 с. — ISBN 978-5-7782-3131-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91273.html> (дата обращения: 04.11.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей Винокуров В.М. Сети связи и системы коммутации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Винокуров В.М. - Электрон. текстовые данные. - Томск: Томский государствен-ный университет систем управления и радиоэлектроники, 2017. - 304 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13972>. - ЭБС «IPRbooks»
2. Маглицкий, Б. Н. Основы построения систем связи с подвижными объектами : учебное пособие / Б. Н. Маглицкий. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2018. — 327 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/84071.html> (дата обращения: 04.11.2021). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей
3. Сорокин, А. С. Основы построения защищенных инфокоммуникационных систем : учебно-методическое пособие / А. С. Сорокин. — Москва : Московский технический университет связи и информатики, 2018. — 49 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92466.html> (дата обращения: 04.11.2021). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей
4. Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей : практикум / А. С. Кольцов, А. В. Паринов, С. Ю. Кобзистый, О. В. Исаев. - Воронеж : Воронежский институт ФЦИН России, 2019. - 112 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1086237> (дата обращения: 19.05.2022). – Режим доступа: по подписке.
5. О.И. Кутузов, Т.М. Татарникова, В.В. Цехановский: Инфокоммуникационные системы и сети учебник, Издательство: Лань, 2021 г. 244с
6. Фокин Г.А.Забелин С.Л. Инфокоммуникационные системы и сети : учебно-методическое пособие / Забелин С.Л.. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2020. — 160 с. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/117097.html> (дата обращения: 19.05.2022). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей
7. Катунин Г.П. Основы инфокоммуникационных технологий : учебник / Катунин Г.П.. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 797 с. — ISBN 978-5-4486-0335-8. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/74561.html> (дата обращения: 19.05.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/74561>
8. Маглицкий Б.Н. Основы технологии OFDM : учебное пособие / Маглицкий Б.Н.. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 115 с. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL:

<https://www.iprbookshop.ru/74673.html> (дата обращения: 19.05.2022). — 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 «Сети беспроводной связи»

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 «Сети беспроводной связи» состоит из восьми связанных между собой разделов, обеспечивающих последовательное изучение материала.

Обучение по дисциплине «Сети беспроводной связи» 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.