

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Радиоэлектроники и телекоммуникационных систем (143)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №13 от 02 июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«СПУТНИКОВЫЕ И НАЗЕМНЫЕ СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ»

Направление: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Многоканальные телекоммуникационные системы

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Полетаев
Александр Сергеевич
Дата подписания: 29.05.2026

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Ченский Александр
Геннадьевич
Дата подписания: 08.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Спутниковые и наземные системы радиосвязи» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ДК-1 Способность осуществлять деятельность, находящуюся за пределами основной профессиональной сферы	ДК-1.3

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ДК-1.3	Умеет анализировать результаты мониторинга и устанавливать соответствие параметров работы оборудования действующим отраслевым нормативам	Знать современные технологии и принципы работы спутниковых и наземных систем беспроводной связи и радионавигации различных диапазонов Уметь анализировать результаты мониторинга и устанавливать соответствие параметров работы оборудования действующим отраслевым нормативам Владеть навыками проектирования и расчета технических характеристик и зон обслуживания различных систем радиосвязи

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Спутниковые и наземные системы радиосвязи» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Информационные технологии», «Основы теории передачи информации», «Общая теория связи», «Вероятностный анализ телекоммуникационных систем», «Теория электрических цепей», «Электроника», «Основы теории колебаний и волн», «Электромагнитные поля и волны», «Цифровая обработка сигналов»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Сети связи и системы коммутации», «Сетевые технологии высокоскоростной передачи данных», «Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах», «Антенны и устройства СВЧ»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины	108	108

Аудиторные занятия, в том числе:	48	48
лекции	32	32
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	16	16
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	60	60
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 7

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Классификация систем радиосвязи и их основные характеристики	1	2			1	2	7	2	Контрольн ая работа
2	Модели сред и способов распространения радиоволн	2	6			2	2	5, 9	6	Решение задач
3	Основы проектирования систем КВ радиосвязи	3	4			3	2	2, 6, 8	12	Решение задач
4	Системы СДВ/ДВ радиосвязи и навигации	4	2					1	2	Письменн ый опрос
5	Многолучевость и методы борьбы с замираниями сигналов	5	2					4, 9	6	Контрольн ая работа
6	Модуляция сигналов в современных системах радиосвязи	6	2			4	2	5, 9	6	Решение задач
7	Кодирование в системах радиосвязи	7	2			5	2	5, 9	6	Решение задач
8	Системы сотовой радиосвязи	8	4			6	2	5, 7	4	Доклад
9	Системы радиорелейной связи	9	4			7	2	4, 5	4	Контрольн ая работа
10	Системы	10	4			8	2	3, 5,	12	Доклад

	спутниковой радиосвязи и навигации							7		
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		32				16		60	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 7

№	Тема	Краткое содержание
1	Классификация систем радиосвязи и их основные характеристики	Введение: роль и значение радиосвязи в современном обществе. Использование частотных диапазонов радиоволн для радиосвязи. Классификация систем радиосвязи и их основные характеристики. Общие принципы работы цифровых систем радиосвязи. Преобразование непрерывных сигналов в цифровые и процедура их восстановления.
2	Модели сред и способов распространения радиоволн	Классификация способов распространения радиоволн. Расчет характеристик радиоволн при распространении в свободном пространстве, учет характеристик антенн. Распространение земных волн, расчет напряженности поля для приподнятых антенн, квадратичная формула Введенского и интерференционные формулы. Распространение радиоволн над неровной поверхностью, зоны Френеля, расчет высот антенн при распространении УКВ сигналов в холмистой местности. Влияние тропосферы на распространение земных волн, проектирование радиорелейных линий с учётом рельефа местности и влияния тропосферы.
3	Основы проектирования систем КВ радиосвязи	Состав и структура ионосферы, методы изучения ионосферы. Влияние ионосферы на спутниковые и наземные системы радиосвязи. Основные закономерности распространения декаметровых (коротких) радиоволн, максимальная и наименьшая применимые частоты, составление частотных расписаний КВ-радиолиний. Системы КВ радиосвязи с вынесенным ретранслятором.
4	Системы СДВ/ДВ радиосвязи и навигации	Основные закономерности распространения СДВ-ДВ радиосигналов. Применение длинных и сверхдлинных радиоволн в комплексах фазовой радионавигации, системах передачи эталонных частот и единого времени. Метод наклонного зондирования нижней ионосферы когерентными СДВ радиосигналами. Аппаратура для приема и радиоизмерений СДВ сигналов.
5	Многолучевость и методы борьбы с замираниями сигналов	Многолучевость распространения сигналов. Влияние замираний радиосигналов на качество передачи информации. Методы борьбы с влиянием

		многолучевости. Кодирование в условиях замирания радиосигналов. Разнесенный прием информации, общие принципы и организация разнесенных каналов, обработка сигналов в разнесенных каналах. Подавление эхо-сигналов с использованием цифровых фильтров, эквалайзинг.
6	Модуляция сигналов в современных системах радиосвязи	Виды модуляции сигналов, используемые в современных системах радиосвязи. Понятие энергетической и спектральной эффективности. Расчет ширин частотных полос при различных методах модуляции радиосигналов. Спектрально-эффективные методы цифровой модуляции. Демодуляция сигналов.
7	Кодирование в системах радиосвязи	Теоремы Шеннона об оптимальном и помехоустойчивом кодировании информации, предельная пропускная способность дискретного и непрерывного канала связи. Принципы оптимального кодирования информации, код Шэннона-Фэно, код Хаффмана, характеристики речевых сигналов и методы оптимального кодирования речи. Принципы помехоустойчивого кодирования и декодирования информации, обнаруживающие и корректирующие возможности помехоустойчивых кодов, оценка эффективности помехоустойчивых кодов.
8	Системы сотовой радиосвязи	Принципы работы и структура систем сотовой связи. Основные стандарты сотовых систем радиосвязи. Блок-схема мобильной радиостанции, размещение базовых станций, блок-схемы базовой станции и центра коммутации. Эфирные интерфейсы, подготовка к ведению связи в системах сотовой радиосвязи. Передача информации с временным и частотным разделением каналов, передача информации с кодовым разделением каналов. Основы проектирования сотовых систем радиосвязи: методы борьбы с многолучевостью, кодирование речи в системах сотовой связи, применение теории массового обслуживания.
9	Системы радиорелейной связи	Передача информации по радиорелейным линиям. Затухание СВЧ радиоволн в тропосфере и выбор частотных диапазонов. Классификация и структура сетей РРЛ, аппаратура цифровых РРЛ, антенно-фидерные тракты РРЛ, многоствольные РРЛ, тропосферные РРЛ. Проектирование радиорелейных линий, влияние тропосферы и рельефа местности на затухание сигналов радиорелейных линий.
10	Системы спутниковой радиосвязи и навигации	Классификация систем спутниковой радиосвязи. Законы движения и виды орбит искусственных спутников Земли. Организация частотных

		диапазонов. Физические эффекты, влияющие на функционирования спутниковых систем связи. Структура сети и аппаратура систем космической радиосвязи. Методы модуляции, кодирования и мультиплексирования в системах спутниковой радиосвязи. Характеристики систем спутниковой радиосвязи различного назначения. Спутниковые системы глобального позиционирования.
--	--	--

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 7

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Современные технологии беспроводной передачи информации	2
2	Расчет параметров радиосигналов с точки зрения их передачи по каналу радиосвязи.	2
3	Выбор оптимальных рабочих частот системы КВ радиосвязи. Расчет напряженности поля и вероятности ошибочного приема	2
4	Расчет параметров модулированных сигналов	2
5	Расчет пропускной способности канала радиосвязи, помехоустойчивое кодирование	2
6	Стандарты и технические характеристики систем сотовой связи	2
7	Расчет напряженности поля сигналов в радиорелейных линиях связи	2
8	Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС)	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 7

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение письменных творческих работ (писем, докладов, сообщений, ЭССЕ)	2
2	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	2
3	Подготовка к зачёту	8
4	Подготовка к контрольным работам	4
5	Подготовка к практическим занятиям	12
6	Подготовка к сдаче и защите отчетов	2
7	Подготовка презентаций	6
8	Расчетно-графические и аналогичные работы	8

9	Решение специальных задач	16
---	---------------------------	----

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: мультимедийные технологии подачи лекционного материала, обучающие видеозаписи, групповые дискуссии, решение специальных задач в малых группах, кейс-метод проектирования и решения задач.

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Полетаев А. С. Спутниковые и наземные системы радиосвязи : лабораторный практикум / А. С. Полетаев, 2024. - 71.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Полетаев А. С. Спутниковые и наземные системы радиосвязи : электронный курс / А. С. Полетаев, 2022

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 7 | Доклад

Описание процедуры.

Студенты делают устный доклад по выбранной теме в течение 10 минут с использованием мультимедийных технологий представления информации. В конце доклада преподаватель и студенты группы задают 3-4 вопроса по теме доклада.

Перечень тем докладов для семинаров по дисциплине «Спутниковые и наземные системы радиосвязи»:

1. Характеристики приемных и передающих антенн. Антенны в различных системах радиосвязи. Многолучевые спутниковые антенны.
2. Беспроводная связь по Wi-Fi и Wi-Max.
3. Классификация радиопомех и методы борьбы с влиянием помех. Проблема электромагнитной совместимости.
4. Технологии RFID, NFC.
5. Беспроводная связь по Bluetooth.
6. Применение и практическая реализация OFDM модуляции.
7. Поколение систем сотовой связи 4G: LTE и LTE Advanced
8. Чувствительность типовых радиоприемников. Внутренние шумы приемника и порог чувствительности.
9. Системы спутниковой навигации GPS и ГЛОНАСС.
10. Системы спутниковой навигации Galileo и BeiDou.
11. Радиолокация. Базовые принципы, классификация, основные методы радиолокации.
12. Технология пространственного кодирования MIMO, MU-MIMO, Massive MIMO.
13. Технологии в системе сотовой связи 5G. Технические требования и проблемы разработки стандарта.
14. Беспроводные сенсорные сети LPWAN (LoraWAN, NB-IoT, ZigBee и др.)

15. Односторонний и двухсторонний спутниковый интернет. Состав и технические характеристики типовой аппаратуры.
16. Конструкция искусственных спутников земли. Основные элементы конструкции ИСЗ, типы (мини-, микро-, нано-, пикоспутники), бортовая аппаратура.
17. Состав и структура аппаратуры многоствольных радиорелейных линий связи.

Критерии оценивания.

Доклад засчитывается, если в нем изложены все ключевые вопросы выбранной темы, приведены основные технические характеристики и описание принципа работы беспроводных систем радиосвязи и навигации, презентация структурирована и оформлена в соответствии с основными требованиями.

6.1.2 семестр 7 | Контрольная работа

Описание процедуры.

В течение 10 минут студенты дают краткие письменные ответы на вопросы, рассмотренные в лекциях текущего контроля. Допускается использование только своих конспектов лекций.

Примеры вопросов КР-1:

1. Что такое объем сигнала? Для чего необходима модуляция сигналов?
2. В каких системах радиосвязи применяется СВЧ диапазон?
3. Что такое поверхностная волна? Какие волны называются тропосферными?
4. Волны каких частот (длин) могут распространяться как ионосферные?
5. Что такое коэффициент направленного действия антенны?

Примеры вопросов КР-2:

1. Каковы границы применимости квадратичной формулы Введенского в случае распространения волны вдоль плоской и вдоль выпуклой поверхности Земли?
2. В чем состоит суть метода зон Френеля?
3. Какая область пространства является существенной для передачи энергии радиоволн и что она из себя представляет?
4. В чем заключается значимость распределения Релея при проектировании систем радиосвязи?
5. Радиоволны каких частот испытывают заметное поглощение в тропосфере? Чем это обусловлено?

Примеры вопросов КР-3:

1. Какой состав и структуру имеет ионосфера Земли? Перечислите основные характеристики ионосферы.
2. Какие существуют методы изучения ионосферы? При каких условиях КВ радиосигналы отражаются от ионосферы?
3. Что такое мода распространения КВ радиоволн? Какие бывают моды сигналов, отражающихся от ионосферы?
4. Кратко опишите метод организации обслуживания абонентов в системе КВ радиосвязи с вынесенным ретранслятором.
5. Что такое максимально применимая частота (МПЧ) и наименьшая наблюдаемая (ННЧ) частоты? Как составляются частотные расписания КВ радиосвязи?

Примеры вопросов КР-4:

1. Назовите основные закономерности распространения СДВ-ДВ

радиосигналов.

2. В каких радиотехнических системах используют сигналы СДВ-ДВ диапазонов?
3. Какую классификацию имеют фазовые системы радионавигации?
4. В чем заключается принцип работы разностно-дальномерных систем?
5. Как осуществляется внесение поправок в квазидифференциальных системах?

Примеры вопросов КР-5:

1. Что такое многолучевость? К чему приводит многолучевое распространение радиосигналов?
2. Что такое замирания сигнала? Какими бывают замирания?
3. Перечислите основные методы борьбы с многолучевостью.
4. В чем заключается метод перемежения символов? Для чего он используется?
5. Опишите устройство и принцип работы простейшего эквалайзера.

Примеры вопросов КР-6:

1. Какую классификацию имеют способы модуляции сигналов?
2. Какие бывают методы аналоговой модуляции?
3. Перечислите наиболее распространенные методы цифровой модуляции (манипуляции) сигналов?
4. Что такое многопозиционная модуляция сигналов? Приведите примеры.
5. Что такое энергетическая и спектральная эффективность метода модуляции? Приведите примеры энергетически и спектрально эффективных видов модуляции.

Примеры вопросов КР-7:

1. Какую классификацию имеют способы модуляции сигналов?
2. Какие бывают методы аналоговой модуляции?
3. Перечислите наиболее распространенные методы цифровой модуляции (манипуляции) сигналов?
4. Что такое многопозиционная модуляция сигналов? Приведите примеры.
5. Что такое энергетическая и спектральная эффективность метода модуляции? Приведите примеры энергетически и спектрально эффективных видов модуляции.

Примеры вопросов КР-8:

1. Какие существуют поколения стандартов сотовой радиосвязи? Приведите примеры стандартов.
2. Основные принципы работы систем сотовой радиосвязи.
3. Что такие эфирные интерфейсы? Какую структуру имеют фреймы стандарта GSM?
4. Опишите, как работает метод кодового разделения абонентов CDMA.
5. Каким образом осуществляется кодирование речи в системах сотовой связи?

Примеры вопросов КР-9:

1. Какие бывают радиорелейные линии связи (РРЛС)?
2. Какую структуру имеет аппаратура цифровых РРЛС?
3. Какие факторы необходимо учитывать при проектировании РРЛС?
4. Каким образом рассчитывают затухание сигнала на пролете РРЛС?
5. Какие способы кодирования и модуляции используются в РРЛС?

Примеры вопросов КР-10:

1. Какую классификацию имеют спутниковые системы радиосвязи? Приведите примеры.
2. По каким законам происходит движение искусственных спутников Земли (ИСЗ)?
3. Какие бывают типы орбит ИСЗ? Какие факторы влияют на выбор орбиты ИСЗ?
4. Каким образом распределены частотные диапазоны работы спутниковых систем?
5. Структура аппаратуры сети спутниковой связи.

Критерии оценивания.

Контрольная работа засчитывается, если количество правильных ответов составляет не менее 80% от общего числа вопросов.

6.1.3 семестр 7 | Решение задач

Описание процедуры.

На практическом занятии или дома для самостоятельной работы студенты получают список специальных задач по темам курса. Решение оформляется в письменном виде в тетрадях или в электронном виде. Решения задач проверяется в аудитории либо сдаются на проверку преподавателю.

Пример задания:

1. Определить размеры области, ограниченной на поверхности Земли первой зоной Френеля, в пределах которой формируется отраженная волна, при следующих данных: длина трассы $r=50$ км, высоты антенн $h_1=h_2=50$ м, длина волны $\lambda=10$ см.
2. Верхняя граничная частота спектра аналогового сигнала равна 7.5 МГц. Отрезок этого сигнала длительностью 60 мкс дискретизируется в соответствии с теоремой Котельникова, квантуется на 256 уровней и представляется двоичными кодовыми группами. Какой объем памяти (в битах) требуется для записи этого сигнала?
3. АМ сигнал, который описывается выражением $U(t) = 12(1 + 0.6\cos \Omega t + 0.2\cos 2\Omega t)\cos \omega t$ [Вольт], имеет длительность 10 с и $\Omega=6280$ рад / сек. Найти объем сигнала.
4. Источник сообщений состоит из 4-знаков алфавита, вероятности появления которых 0.125, 0.25, 0.5, 0.125. Найти количество информации, получаемой при приеме каждого символа, энтропию и избыточность источника.
5. Какое минимальное число проверочных символов должен иметь помехоустойчивый код, исправляющий 2 ошибки в кодовой комбинации?

Критерии оценивания.

Задача решена полностью, правильно применены физические законы и расчетные формулы, получен правильный ответ с указанием единиц измерения.

6.1.4 семестр 7 | Письменный опрос

Описание процедуры.

Студенты дома оформляют в письменном виде эссе на предложенную тему объемом 300 – 500 слов. Эссе в электронном виде или на бумажном носителе сдаются на проверку преподавателю.

Пример задания (темы эссе): в чем заключаются принципы работы наземных радионавигационных систем СДВ-ДВ диапазона? Чем они отличаются от глобальных спутниковых систем радионавигации? Приведите примеры и краткие характеристики СДВ-ДВ радиостанций, работающих на сегодняшний день.

Критерии оценивания.

Студент демонстрирует навыки сравнительного анализа радиотехнических систем, умеет ясно и четко сформулировать ключевые особенности, показывает способность работать с литературными источниками, аргументированно и без затруднений выражает свое мнение по поставленной проблеме.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ДК-1.3	Свободно справляется с поставленными практическими задачами	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или выполнение практических заданий

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 7, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Студенты вытягивают билеты, в которых содержатся два вопроса и задача. Первый вопрос касается распространения радиоволн и проектирования систем радиосвязи, второй вопрос касается принципов работы различных радиотехнических систем спутниковой и наземной радиосвязи. В течение 40 минут осуществляется подготовка студентов, на черновиках студенты делают пометки плана ответа на вопрос, приводят решение задачи. При подготовке ответа пользоваться можно только своими конспектами лекций.

Перечень тем для подготовки к зачету:

1. Классификация систем радиосвязи. Использование частотных диапазонов радиоволн для радиосвязи.
2. Расчет напряженности поля и уровня сигнала на входе приемника при распространении радиоволн в свободном пространстве. Учет характеристик антенн.
3. Расчет напряженности поля для антенн, поднятых над поверхностью Земли.

Квадратичная формула Введенского и ее применение при проектировании систем радиосвязи. Расчет напряженности поля для антенн, расположенных вблизи поверхности Земли.

4. Область пространства, существенная в процессе распространения волн. Зоны Френеля. Расчет высот антенн при распространении УКВ сигналов в холмистой местности.
5. Влияние рельефа местности на характеристики радиоволн. Учет экранирующих препятствий. Проектирование радиорелейных линий с учётом рельефа местности и влияния тропосферы.
6. Основные закономерности распространения декаметровых (коротких) радиоволн. Максимальная и наименьшая применимые частоты. Составление частотных расписаний КВ-радиолиний.
7. Особенности проектирования систем КВ радиосвязи. Применение вынесенных ретрансляторов.
8. Применение теории массового обслуживания при проектировании систем радиосвязи.
9. Метод наклонного зондирования ионосферы и его применение в системах КВ-радиосвязи. Основные параметры ионосферы, методы их измерения и прогнозирования.
10. Обобщенная блок-схема радиотехнической системы передачи информации. Блок-схема мобильной радиостанции.
11. Преобразование аналоговых сигналов в цифровые и восстановление исходных сигналов. Преимущества цифровых систем радиосвязи перед аналоговыми.
12. Виды модуляции сигналов, используемые в современных системах радиосвязи. Метод относительной фазовой телеграфии и его применение в системах радиосвязи. Расчет ширины частотных полос при различных методах модуляции радиосигналов. Спектрально-эффективные методы цифровой модуляции.
13. Основные характеристики сигнала и канала передачи информации. Согласование сигнала с каналом. Регенерация двоичных сигналов. Выбор порога регенерации.
14. Типы радиоприемных устройств, структурная схема и принцип работы. SDR радио.
15. Подготовка к ведению связи в системах сотовой радиосвязи. Блок-схемы базовой станции и центра коммутации.
16. Теоремы Шеннона об оптимальном и помехоустойчивом кодировании информации. Предельная пропускная способность дискретного и непрерывного канала связи.
17. Принципы помехоустойчивого кодирования и декодирования информации. Обнаруживающие и корректирующие возможности помехоустойчивых кодов. Оценка эффективности помехоустойчивых кодов.
18. Классификация радиопомех и методы борьбы с влиянием помех.
19. Применение ретрансляторов в системах сотовой, радиорелейной и космической радиосвязи.
20. Кодирование и декодирующие устройства для линейных двоичных блочных кодов.
21. Влияние замираний радиосигналов на качество передачи информации. Кодирование в условиях замирания радиосигналов.
22. Передача информации с временным и частотным разделением каналов. Передача информации с кодовым разделением каналов.
23. Принципы организации и структура систем космической радиосвязи.
24. Разнесённый прием информации. Общие принципы и организация разнесенных каналов. Обработка сигналов, принятых разнесенными каналами.
25. Передача информации по радиорелейным линиям. Проектирование радиорелейных линий. Влияние тропосферы и рельефа местности на затухание радиоволн.
26. Принципы оптимального кодирования информации. Код Шэннона-Фэно.

Характеристики речевых сигналов и методы оптимального кодирования речи.

27. Виды и принцип работы фазовых радионавигационных систем СДВ диапазона.
28. Основные стандарты сотовых систем радиосвязи. Принципы работы сотовых систем радиосвязи. Интерфейсы стандартов сотовой радиосвязи.
29. Основы проектирования сотовых систем радиосвязи. Размещение базовых станций. Методы борьбы с многолучевостью сигнала в сотовых системах радиосвязи.
30. Методы борьбы с многолучевостью сигнала в сотовых системах радиосвязи. Подавление эхо-сигналов с использованием цифровых фильтров. Эквалайзинг.

Перечень задач для подготовки к зачету:

- 1) Амплитудно-модулированный (АМ) сигнал с длительностью 10 с и полосой частот $F=100$ Гц предполагается передать по каналу с объемом $V_K=10000$, согласованному по времени и полосе частот с сигналом. Найти допустимый коэффициент глубины модуляции сигнала.
- 2) Амплитуда сигнала на выходе канала распределена по закону Рэлея. Полоса частот сигнала $F=4$ кГц, а его длительность 10 с. Найти объем сигнала, если за максимальный и минимальный уровень мощности приняты значения, которые соответственно не превышаются и превышаются с вероятностью 0,001.
- 3) Найти ширину полосы частот, которую занимает в эфире амплитудно-манипулированный телеграфный сигнал со скоростью 5 знаков / сек при одинаковых длительностях паузы и посылки.
- 4) Верхняя граничная частота спектра аналогового сигнала равна 7.5 МГц. Отрезок этого сигнала длительностью 60 мкс дискретизируется в соответствии с теоремой Котельникова квантуется на 256 уровней и представляется двоичными кодовыми группами. Какой объем памяти (в битах) требуется для записи этого сигнала?
- 5) Сигнал модулирован по частоте однотональным сигналом с $F=12$ кГц при индексе модуляции $m=25$. Найти практическую ширину спектра такого ЧМ-сигнала.
- 6) Однотональный ЧМ-сигнал имеет девиацию частоты 60 000 рад / с. Найти максимальную частоту модуляции F , для которой в спектре ЧМ-сигнала нет колебания несущей частоты.
- 7) АМ сигнал описывается выражением $U(t)=12(1+0.6 \cos \Omega t + 0.2 \cos 2\Omega t) \cos \omega t$ [Вольт], имеет длительность 10 с и $\Omega=6280$ рад / сек. Найти объем сигнала.
- 8) Возможна ли неискаженная передача однотонального АМ-сигнала длительностью 100 с, коэффициентом модуляции 0,9 и частотой модуляции 100 Гц по каналу с объемом $V_K=1\,000\,000$?
- 9) Информации по каналу с рэлеевскими замираниями передается методом относительной фазовой телеграфии с вероятностью ошибки приема одного символа $0.5 \exp(-h^2)$, где h^2 – отношение энергий сигнала и помехи. Найти среднюю вероятность ошибки для среднего отношения $h^2=10$.
- 10) Канал с полосой $F_K=10$ кГц, объемом $V_K=1\,000\,000$ и спектральной плотностью мощности помехи $N_0=10^{-4}$ мВт / Гц предполагается использовать в течение 10 с. Какова предельная мощность передачи сигнала по данному каналу?
- 11) Информации по каналу с рэлеевскими замираниями передается методом относительной фазовой телеграфии с вероятностью ошибки приема одного символа $0.5 \exp(-h^2)$, где h^2 – отношение энергий сигнала и помехи. Сколько процентов времени канал работает с вероятностью ошибочного приема, не превышающей 0.001, если среднее отношение $h^2=10$?
- 12) Какое минимальное число проверочных символов должен иметь помехоустойчивый код, исправляющий 2 ошибки в кодовой комбинации?
- 13) Техническая скорость передачи двоичных символов по каналу 1000 бит/с. Какова

реальная пропускная способность канала, если вероятность ошибочного приема символа равна $1/64$?

14) Источник выдает за время 106 с двоичными послылками длительности 10 мс 107 бит информации. За какое время и каким количеством двоичных посылок можно передать эту информацию при оптимальном кодировании? Определить избыточность источника.

15) Чему равна пропускная способность канала, если средняя мощность сигнала 1 мВт, а помехой является тепловой шум приемника, имеющего полосу частот 10 кГц и температуру 20°C?

16) Найти максимальное количество информации в кадре телевизионного сигнала, имеющем 625 строк разложения и 833 элемента в строке, квантованных по яркости на 16 уровней?

17) Текст из ста букв передается по телефонному каналу с полосой частот 3.1 кГц за 30 с. Тот же текст за то же время передается пятизначным двоичным кодом по телеграфному каналу с тем же динамическим диапазоном. Во сколько раз телеграфный канал экономичнее телефонного, если ширина полосы частот ФТЛГ $\approx 3 / \tau$, где τ – длительность посылки?

18) Источник сообщений состоит из 4-знаков алфавита, вероятности появления которых 0.125, 0.25, 0.5, 0.125. Найти количество информации, получаемой при приеме каждого символа, энтропию и избыточность источника.

19) Найти ширину полосы частот, которую занимает в эфире амплитудно-манипулированный телеграфный сигнал со скоростью 5 знаков / сек при одинаковых длительностях паузы и посылки.

20) Определить размеры области, ограниченной на поверхности Земли первой зоной Френеля, в пределах которой формируется отраженная волна, при следующих данных: длина трассы $r = 50$ км, высоты антенн $h_1 = h_2 = 50$ м, длина волны $\lambda = 10$ см.

Пример задания:

Билет №1.

1. Основные закономерности распространения декаметровых (коротких) радиоволн. Максимальная и наименьшая применимые частоты. Составление частотных расписаний КВ-радиолиний.

2. Принципы работы сотовых систем радиосвязи. Основные стандарты сотовых систем радиосвязи.

3. Техническая скорость передачи двоичных символов по каналу 1000 бит/с. Какова реальная пропускная способность канала, если вероятность ошибочного приема символа равна $1/64$?

Билет №2.

1. Расчет напряженности поля и уровня сигнала на входе приемника при распространении радиоволн в свободном пространстве. Учет характеристик антенн.

2. Принципы организации и структура систем космической радиосвязи.

3. Амплитудно-модулированный (АМ) сигнал с длительностью 10 с и полосой частот $F=100$ Гц предполагается передать по каналу с объемом $V_K = 10000$, согласованному по времени и полосе частот с сигналом. Найти допустимый коэффициент глубины модуляции сигнала.

Билет №3.

1. Метод наклонного зондирования ионосферы и его применение в системах КВ-радиосвязи.

2. Передача информации по радиорелейным линиям. Проектирование радиорелейных линий. Влияние тропосферы и рельефа местности на затухание радиоволн.

3. АМ сигнал описывается выражением $U(t) = 12 \cdot [1 + 0.6 \cdot \cos(\Omega t) + 0.2 \cdot \cos(2\Omega t)] \cdot \cos(\omega t)$ вольт, имеет длительность 10 с и $\Omega = 6280$ рад / сек. Найти объем сигнала.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Студент уверенно отвечает на два теоретических вопроса. Допускается, что ответ на один из вопросов дан с небольшими неточностями, но наводящие вопросы помогают студенту сориентироваться. Задача решена верно или с небольшими замечаниями. Общая оценка полноты ответов больше или равна 60%.	Студент затрудняется с ответом на два теоретических вопроса, не ориентируется в обсуждаемых темах и не может ответить на наводящие вопросы. Задача не решена или решена неправильно. Общая оценка полноты ответов составляет менее 60%.

7 Основная учебная литература

1. Полетаев А. С. Спутниковые и наземные системы радиосвязи : электронный курс / А. С. Полетаев, 2022

[Сайт] – URL: <https://el.istu.edu/course/view.php?id=4179>

2. Полетаев А. С. Спутниковые и наземные системы радиосвязи : лабораторный практикум / А. С. Полетаев, 2024. - 71.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-37042.pdf>

3. Сомов А. М. Спутниковые системы связи : учебное пособие для вузов по специальности 090106 - "Информационная безопасность телекоммуникационных систем" / А. М. Сомов, С. Ф. Корнев; под ред. А. М. Сомова, 2015. - 243.

4. Радиопередающие устройства в системах радиосвязи : учебное пособие / Ю. Т. Зырянов [и др.], 2019. - 176.

[Сайт] – URL: <https://e.lanbook.com/book/112070>

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Галкин В. А. Цифровая мобильная радиосвязь : учебное пособие для вузов по направлению подготовки бакалавров и магистров, дипломированных специалистов "Телекоммуникации" / В. А. Галкин, 2015. - 590.

2. Системы коротковолновой радиосвязи с подавлением многолучёвости сигнала : монография / А. И. Агарышев [и др.], 2009. - 160.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-2576.pdf>

3. Ратынский Михаил Владимирович. Основы сотовой связи / Михаил Владимирович Ратынский; Под ред. Д. Б. Зимина, 2000. - 248.

4. Закиров З. Г. Сотовая связь стандарта GSM. Современное состояние, переход к сетям третьего поколения / З. Г. Закиров, А. Ф. Надеев, Р. Р. Файзуллин, 2004. - 260.
5. Основы проектирования цифровых радиорелейных линий связи : учебное пособие для вузов по направлению подготовки 210700- "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" квалификации "бакалавр" и "магистр" / М. А. Быховский [и др.], 2014. - 331.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <https://el.istu.edu/course/view.php?id=4179>
2. <http://library.istu.edu/>
3. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Свободно распространяемое программное обеспечение Anaconda Navigator
2. LabView
3. MATLAB_поставка 2015
4. Свободно распространяемое программное обеспечение Virtual BOX
5. Office 2019 Pro Plus
6. Свободно распространяемое программное обеспечение Net Monitor

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Интерактивная система /ActivBoard
2. установка по курсу "Теория электрической связи"
3. Установка "Изучение принципов временного разделения каналов"
4. осциллограф С1-137
5. осциллограф С1-137
6. осциллограф С1-137
7. Установка "Изучение принципов временного разделения каналов"
8. Установка "Изучение принципов временного разделения каналов"

9. Установка "Изучение принципов временного разделения каналов"
10. осциллограф С1-137
11. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
12. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
13. Шкаф полузакрытый
14. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
15. установка по курсу "Теория электрической связи"
16. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
17. установка "Изучение ИКМ-кодека"
18. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
19. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
20. установка по курсу "Теория электрической связи"
21. установка "Изучение ИКМ-кодека"
22. установка "Изучение ИКМ-кодека"
23. установка по курсу "Теория электрической связи"
24. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
25. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
26. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
27. системный блок Celeron 256/80
28. Измерительные приборы MFJ-269
29. Компьютер Intel 3.2GHz/4Gb/1Tb/DVDRW/Foxconn50DV/Cardreader/NVIDIA 1Gb/ИБП Ippon 800/LG W1942/кл/мышь
30. Компьютер P4 631/1646Gz/1024/120/3.5"/GF256/DVD-RW/ монитор Samsung940/кл/мышь
31. SDR RTL