



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (Школа)**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

(подпись)

Стаценко Л.Г.

(Ф.И.О.)

« 27 » января 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента электроники,  
телекоммуникации и приборостроения

(подпись)

Стаценко Л.Г.

(Ф.И.О.)

« 27 » января 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Мобильные системы радиосвязи

**Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**  
(системы радиосвязи и радиодоступа)

**Форма подготовки очная**

курс 4 семестр 8

лекции 36 час.

практические занятия 18 час.

лабораторные работы 18 час.

в том числе с использованием МАО лек. - / пр. 18 / лаб. 16 час.

всего часов аудиторной нагрузки 72 час.

в том числе с использованием МАО 34 час.

самостоятельная работа 108 час.

в том числе на подготовку к экзамену 36 час.

контрольные работы (количество)

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет не предусмотрен

экзамен 8 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи** утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 19.09.2017 г. №930.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения

протокол № 7 от «27» января 2021 г.

Директор департамента \_\_\_\_\_ д.ф.-м.н., проф., Стаценко Л.Г. \_\_\_\_\_

Составитель: Анисимов П.Н.

Владивосток  
2021

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## **Цели и задачи освоения дисциплины:**

Цель: дать обучающимся знания, умения и развить навыки, дающие им возможность проектировать и эксплуатировать устройства мобильных систем радиосвязи. Современные системы радиосвязи - сотовые, спутниковые сети – используют узкополосные и широкополосные каналы связи для передачи и приема цифровой информации.

Развитие цифровых методов передачи информации в мобильных сетях требует применения эффективных методов использования радиочастотного ресурса. Общей тенденцией является переход радиочастот от единиц гигагерц до десятков гигагерц. В этой области радиочастот достигается максимальная скорость передачи - десятки мегабит в секунду.

Стремление к увеличению скорости передачи данных в системах мобильной связи и повышению достоверности передаваемой информации требует разработки и внедрения многоантенных систем передачи и приема для реализации разнесенного приема ММО. Расстояния между базовыми станциями постепенно уменьшаются и составляют менее километра.

Специалисту необходимо знать принципы территориально-частотного планирования сотовой сети; типовые блоки структурной схемы мобильной сети, без которых невозможна высокоскоростная передача данных сотовой радиосвязи. Методы расчета необходимого отношения сигнал-помеха для достижения приемлемого качества приема радиосигнала. Причины появления системных помех и их влияние на качество обслуживания абонентов сети.

Задачи:

- сформировать у обучающихся представление о направлениях развития техники мобильной связи, ее сетевых компонентов, о применении методов амплитудной и фазовой манипуляции для реализации приемников с гарантированным минимальным отношением сигнал-помеха;
- дать комплекс базовых теоретических знаний о способах технической реализации и методах множественного доступа в сетях второго, третьего и четвертого поколения, современной технической элементной базе в радиоприемной и передающей аппаратуре;
- дать базовые знания по архитектуре мобильных радиосистем, о принципах планирования сетей стандартов GSM, UMTS, LTE;

Для успешного изучения дисциплины «Мобильные системы радиосвязи» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- умение работать с простейшими измерительными приборами для измерения электрических величин;
- умение осуществлять планирование, анализ, рефлекссию, самооценку своей деятельности;

- умение работать со справочной литературой, инструкциями;
- умение оформить результаты своей деятельности, представить их на современном уровне;
- владеть навыками работы с различными источниками информации: книгами, учебниками, справочниками, определителями, энциклопедиями, каталогами, словарями, Интернет;
- самостоятельно искать, извлекать, систематизировать, анализировать и отбирать необходимую для решения учебных задач информацию, организовывать, преобразовывать, сохранять и передавать ее;
- владеть навыками использования информационных устройств;
- применять для решения учебных задач информационные и телекоммуникационные технологии: аудио и видеозапись, электронную почту, Интернет.
- умение работать в группе, искать и находить компромиссы;
- осознание наличия определенных требований к продукту своей деятельности.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
научно-исследовательский	ПК-1 Способен к развитию коммутационных подсистем и сетевых платформ, сетей передачи данных, транспортных сетей и сетей радиодоступа, спутниковых систем связи	ПК -1.1 Анализирует статистические параметры трафика
		ПК -1.3 Анализирует статистику основных показателей эффективности радиосистем и систем передачи данных

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-1.1 Анализирует статистические параметры трафика	Знает новые научные результаты по выбранной тематике научных исследований
	Умеет правильно ставить задачи по выбранной тематике, выбирать для исследования необходимые методы, оценивать значимость результатов с точки зрения их результативности и применимости
	Владеет навыками применения выбранных методов к решению научных задач
ПК-1.3 Анализирует статистику основных показателей	Знает классические и современные методы решения задач по выбранной тематике научных исследований

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
эффективности радиосистем и систем передачи данных исследовательских и практических задач	Умеет осуществлять отбор, систематизацию, анализ и оценку современных достижений для решения поставленных задач
	Владет навыками критической оценки полученных результатов для обоснования выбора оптимальной стратегии решения исследовательских и практических задач

## 2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачётных единиц 180 академических часов).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Лаб	Лабораторные работы
Пр.	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

## Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной и текущей аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль	
1	Модуль I. Системы мобильной связи второго поколения	8	22	9	9	-	72	36	УО-1, ПР-2, ПР-6, ПР-8
2	Модуль 2. Системы мобильной связи третьего и четвертого поколений	8	14	9	9				
Итого:			36	18	18	-	72	36	

# **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

## **Лекционные занятия (36 час.)**

### **Модуль 1. Системы мобильной связи второго поколения**

#### **Раздел 1. Обеспечение минимального отношения сигнал помеха в сетях мобильной связи (8 часов)**

##### **Тема 1. Виды мобильной связи (1 час)**

Виды мобильной связи: сотовая, транкинговая, спутниковая, пейджинговая радиосвязь. Характеристика этих видов связи. Отличительные особенности. Методы множественного доступа FDMA, TDMA, CDMA, OFDMA в сетях подвижной связи. Спутниковые системы мобильной связи. Характеристики спутниковых систем Orbcomm, Inmarsat-P, Globalstar, Teledesic, Iridium. Преимущества низкоорбитальных спутниковых систем.

##### **Тема 2. Частотно-территориальное планирование сотовых сетей радиосвязи (2 часа)**

Частотно-территориальное планирование сотовой сети второго поколения. Деление обслуживаемой территории на соты и секторы. Защитный интервал. Необходимый частотный ресурс сети. Количество мешающих базовых станций при делении территории на соты и секторы.

##### **Тема 3. Уровень принимаемого радиосигнала (2 часа)**

Уровень принимаемого радиосигнала базовой станции и мобильного приемника. Диапазон изменения степени ослабления  $n$  радиосигнала при изменении рельефа местности. Выбор степени ослабления на начальном этапе расчета во время проектирования сети. Учет измеренного значения степени ослабления в компьютерных программах при моделировании сотовой сети.

##### **Тема 4. Выбор количества секторов в соте (1 час)**

Отношение сигнал-помеха сотовой сети второго поколения. Определение ослабления радиосигнала через нормированные коэффициенты с помощью степенной функции. Отношение сигнал-помеха для количества секторов в соте – 1, 3 и 6. Основные параметры, влияющие на отношение сигнал-помеха в сотовой сети: размерность кластера, защитный интервал, степень ослабления радиосигнала. Невозможность увеличения отношения сигнал-помеха за счет повышения мощности передатчика базовой станции.

##### **Тема 5. Эмпирические модели распространения радиосигнала (2 часа)**

Эмпирические модели распространения радиосигнала, рекомендуемые при планировании сотовой сети для расчета уровня сигнала в точке приема. Модель Окамура-Хата, модель COST231- Хата, Модель Уолфиша – Икегами. Условия применения формул. Пример экспериментально определенных уровней радиосигнала, характеризующих уверенный прием и потерю связи для стандарта GSM.

#### **Раздел 2. Системы мобильной связи с временным разделением каналов связи TDMA (8 часов)**

### **Тема 6. Организация каналов радиосвязи стандарта GSM (2 часа)**

Стандарт GSM. Основные параметры и услуги. Организация каналов радиосвязи с помощью частотно временной матрицы. Методы множественного доступа FDMA, TDMA стандарта GSM. Нумерация каналов связи. Медленные скачки по частоте.

### **Тема 7. Физические и логические каналы радиосвязи стандарта GSM (2 часа)**

Физические каналы радиосвязи стандарта GSM. Организация физических каналов радиосвязи, их характеристики. Количество одновременно разговаривающих абонентов сети. Количество каналов связи базовой станции.

Логические каналы радиосвязи стандарта GSM. Организация логических каналов радиосвязи, их характеристики. Пример передачи мультикадра по каналу случайного доступа RACH.

### **Тема 8. Оборудование типовой системы сотовой связи (2 часа)**

Состав оборудования типовой системы сотовой связи второго поколения. Назначение элементов сети. Алгоритм функционирования типовой сотовой сети.

Аутентификация в сети GSM. Назначение и алгоритм проведения аутентификации. Условие успешного прохождения аутентификации. Возможные причины отказа допуска к сети зарегистрированного абонента.

Шифрование в сети GSM.

### **Тема 9. Модулятор GMSK (1 час)**

Модулятор GMSK стандарта GSM. Структурная схема модулятора. Формирование частоты передатчиком. Количество различных комбинаций выходного сигнала модулятора, уравнения сигналов. Принцип демодуляции сигнала в приемнике.

### **Тема 10. Радиointерфейс EDGE (1 час)**

Радиointерфейс EDGE. Назначение EDGE, метод манипуляции. Скорость передачи данных. Автоматическая настройка скорости передачи информации.

## **Раздел 3. Вероятность ошибок BER в каналах связи и емкость мобильной сети (6 часов)**

### **Тема 11. Отношение сигнал/помеха (2 часа)**

Отношение сигнал/помеха в цифровых каналах связи. Оценка отношения сигнал/помеха  $E_0/N_0$ , связь с отношением РС/РПОМ. Отличие отношения  $E_0/N_0$  от отношения РС/РПОМ. Место установки прибора для измерения  $E_0/N_0$ .

### **Тема 12. Измерение вероятности ошибки BER (2 часа)**

Вероятность ошибки BER в цифровых каналах связи. Параметры, влияющие на количество бит, принятых неправильно в приемнике. Расчет вероятности ошибок для амплитудной, частотной, фазовой манипуляции при когерентном и некогерентном приеме. Сравнение BER для АМ-, ЧМ- и ФМ-приемников при одинаковом отношении сигнал/помеха.

### **Тема 13. Трафик мобильных сетей (2 часа)**

Сотовая сеть как система массового обслуживания. Характеристики и расчетные параметры. Трафик. Расчет вероятности отказа в обслуживании с

помощью модели Эрланга В. Предположения, которые используются в модели Эрланга В. Модель Эрланга С для транкинговых сетей.

## **Модуль 2. Системы мобильной связи третьего и четвертого поколений**

### **Раздел 4. Системы мобильной связи с кодовым разделением каналов связи WCDMA (8 часов)**

#### **Тема 14. Сети пакетной коммутации (2 часа)**

Характеристика сетей пакетной коммутации. Сравнение сетей пакетной и канальной коммутации. Преимущества, недостатки разных методов коммутации. Сеть GPRS. Параметры передачи полезной информации в режиме пакетной коммутации. Данные, которые хранятся в регистре HLR и используются для продвижения пакетов в сети.

Сеть GPRS. Структурная схема сети. Назначение сетевых блоков. Функции узлов SGSN и GGSN. Прохождение по сети информации от абонента к абоненту в режиме коммутации каналов и режиме пакетной коммутации.

#### **Тема 15. Радиointерфейсы систем 3G (2 часа)**

Радиointерфейсы сотовых систем третьего поколения 3G. Методы множественного доступа, используемые в сетях 3G. Радиointерфейсы с кодовым разделением сигналов. Поддержка систем второго поколения. Применение функций Уолша в сотовой связи. Принцип образования матриц второго, четвертого, восьмого порядка. Функции Уолша восьмого порядка. Принцип работы передатчика и приемника с кодовым разделением сигналов (независимо от схемы и стандарта сотовой связи). Выигрыш обработки сигналов с кодовым разделением каналов связи CDMA. База сигнала. Причина изменения чувствительности приемника.

#### **Тема 16. Сети третьего поколения UMTS (2 часа)**

Трехуровневая структура систем третьего поколения IMT-2000. Элементы отдельных уровней, их назначение и характеристика. Структурная схема европейской системы третьего поколения UMTS. Назначение элементов сотовой сети. Сравнение структуры UMTS с сетью второго поколения.

Стандарт на радиointерфейс WCDMA сетей третьего поколения 3G. Основные технические параметры радиointерфейса WCDMA. Характеристика трех уровней организации радиодоступа.

#### **Тема 17. Частотно-территориальное планирование сетей 3G (2 часа)**

Частотно-территориальное планирование сетей третьего поколения 3G. Возможные варианты расположения базовых станций в сотовой сети. Влияние частотного планирования на емкость сети. Емкость сетей третьего поколения 3G с кодовым разделением каналов. Ограничение на количество доступных каналов из-за допустимого отношения сигнал-помеха. Межканальные помехи мобильных телефонов.

### **Раздел 5. Системы мобильной связи с ортогональным частотным разделением каналов связи OFDMA (6 часов)**

#### **Тема 18. Сети четвертого поколения LTE (2 часа)**



Радиоинтерфейсы сотовых систем четвертого поколения 4G. Методы множественного доступа, используемые в сетях 4G. Радиоинтерфейсы с ортогональным частотным разделением сигналов OFDMA. Сравнение систем LTE и LTE advanced с системами организации каналов с кодовым разделением CDMA. Преимущества и недостатки OFDMA, ресурсный блок.

### **Тема 19. Архитектура сети LTE (2 часа)**

Компоненты сети - радиодоступ E-UTRAN и базовая сеть SAE или EPC. Обмен данными в сети EPC только по IP протоколу с коммутацией пакетов, отсутствие коммутации каналов между отдельными элементами сети LTE. Базовые станции eNodeB. Назначение основных элементов сети. Управление радиоресурсами: распределение радиоканалов, динамическое распределение ресурсов в восходящих и нисходящих направлениях. Маршрутизация пакетов данных по направлению к обслуживающему шлюзу S-GW. Диспетчеризация и передача вызывной и вещательной информации от блока управления мобильностью MME. Шифрование потока пользовательских данных. Узел управления мобильностью MME. Сервер абонентских данных сети HSS.

### **Тема 20. Частотно-территориальное планирование сети LTE (2 часа)**

Построение сети начального приближения. Выбор частотного кластера.

Выбор мощности передатчиков для ближней и дальней зоны. Бюджет потерь на линиях вверх и вниз на границе сот для ближней и дальней зоны. Выбор модели распространения сигнала для оценивания радиуса сот. Площадь соты. Емкость и пропускная способность соты. Привязка участков развертывания базовых станций к местности. Итеративная оптимизация сети при использовании средств программного обеспечения.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

### **Практические работы (18 часов)**

#### **Занятие 1. Частотно-территориальное планирование сотовых сетей второго поколения. (2 часа)**

Частотно-территориальное планирование аналоговых и цифровых сотовых сетей радиосвязи. Минимально-допустимое отношение сигнал-помеха в сетях с частотно-временным разделением FDMA/TDMA. Снижение минимального отношения сигнал-помеха за счет применения ортогональных сигналов CDMA с кодовым разделением данных отдельных абонентов в приемнике. Повышение скорости передачи данных в сети до десятков-сотен мегабит в секунду за счет применения ортогональных сигналов OFDMA в частотной области.

Частотно-территориальное планирование сотовой сети второго поколения. Деление обслуживаемой территории на соты и секторы. Расчет защитного интервала. Необходимый частотный ресурс сети. Количество мешающих базовых станций при делении территории на соты и секторы. Расчет частотного

ресурса сети и отношения сигнал-помеха без разделения соты на секторы. Расчет и сравнение частотного ресурса сети и отношения сигнал-помеха при количестве секторов 1,3,6 в соте.

### **Занятие 2. Планирование расположения базовых станций (1 час)**

План расположения 14 базовых станций с заданной размерностью кластера и количеством секторов в соте. Выбор соты и места расположения в ней мобильной станции на границе соты. Определение с помощью рисунка количества мешающих станций и нормированных расстояний до них (в радиусах соты) относительно мобильной станции. Расчет отношения сигнал/помеха РС/РПОМ при условии равенства мощностей передатчиков базовых станций. Степень ослабления радиосигнала  $n=3$ . Определение отношения сигнал/помеха в сети сотовой связи с помощью нормированных коэффициентов.

### **Занятие 3. Оценка мощности передатчика базовой станции (1 час)**

Определение необходимой мощности передатчика базовой станции, обеспечивающей на границе соты заданный уровень сигнала (-74 дБм) при выполнении следующих условий. Потери в фидере составляют 4 дБ. Коэффициент усиления антенны 16 дБ. Модель распространения радиосигнала задана. Второй вариант - модель Окамура-Хата, модель COST231- Хата, модель Уолфиша – Икегами - необходимо выбрать.

### **Занятие 4. Вероятность отказа обслуживания сети GSM (1 час)**

Определение вероятности отказа обслуживания и полосы частот, необходимой для сотовой сети, по рисунку расположения базовых станций. В одной соте находится 500 абонентов, на нее отведено 9 частотных каналов стандарта GSM в одном направлении. Средняя продолжительность разговора 3 минуты. Сеть без образования очереди абонентов, отсутствует приоритет. Два способа расчета вероятности отказа. Первый способ – таблица Эрлангов. Второй способ – формула модели Эрланга В.

### **Занятие 5. Модуляторы GMSK и 8PSK (1 час)**

Модулятор GMSK стандарта GSM. Структурная схема модулятора. Формирование частоты передатчиком. Количество различных комбинаций выходного сигнала модулятора, уравнения сигналов. Составление таблицы с двумя входными цифровыми сигналами, знаковыми функциями синусной и косинусной составляющих выходного сигнала MSK-модулятора. Расчет выходного сигнала на нескольких битовых интервалах. Демодуляция сигнала в приемнике с учетом фильтра Гаусса и интегратора. Расчет выходного сигнала модулятора 8PSK.

### **Занятие 6. Функции Уолша (2 часа)**

Применение функций Уолша в сотовой связи. Составление матриц второго, четвертого, восьмого, шестнадцатого порядка. Выигрыш обработки сигналов с кодовым разделением каналов связи CDMA. База сигнала. Расчет чувствительности приемника. Расчет сигнала несущей частоты для двух функций Уолша 16-го порядка  $W(2,16)$  и  $W(5,16)$ . Порядковый номер функции задан расположением строк в матрице. График выходного сигнала, состоящего из суммы двух заданных функций Уолша. Манипуляция в каждом канале BPSK.

### **Занятие 7. Схемотехническая реализация функций Уолша (1 час)**

Схемная реализация функций Уолша восьмого порядка. Структурная и электрическая схема двухканального передатчика цифрового немодулированного сигнала. Принцип работы электрической схемы передатчика, реализованной на стенде УМ11. Временные диаграммы формирования сигналов в каждом канале передатчика и выходного сигнала, поступающего в проводную линию связи. Принцип работы электрической схемы приемника с кодовым разделением сигналов Уолша восьмого порядка.

### **Занятие 8. Емкость сотовых сетей третьего поколения (2 часа)**

Составление плана расположения 15 базовых станций с 3-хсекторными антеннами и размерностью кластера  $N=1$  для сети 3G. Выбор соты из условия максимума помех в сети. Определение с помощью рисунка количества мешающих станций. Расчет максимального количества абонентов в выбранной соте при отношении сигнал-помеха  $E_0/N_0=3$ дБ. Полоса частотного канала  $W=5$  МГц, скорость передачи данных  $V=120$  кбит/с.

Составление плана расположения 15 базовых станций с 3-хсекторными антеннами и размерностью кластера  $N=3$  для сети 3G. Расчет максимального количества абонентов сети по рисунку сети. Расчет емкости без рисунка.

### **Занятие 9. Цифровая модуляция с ортогональным частотным мультиплексированием (2 часа)**

Цифровая модуляция с ортогональным частотным мультиплексированием (уплотнением) – OFDM. (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Деление всей доступной полосы частот между множеством ортогональных поднесущих частот. Независимая модуляция каждой из поднесущих частот передатчиком базовой станции при помощи квадратурной амплитудной модуляции. Полоса 10, 20 МГц. Комплексный сигнал на выходе OFDM модулятора во временной области. Обратное преобразование Фурье. Ресурсный блок-системы LTE-A. Структура субкадров LTE-A в режиме FDD. Физические каналы LTE-A. Обобщенная схема OFDM системы радиосвязи. Масштабируемость радиочастотного спектра от 1,4 МГц до 20 МГц. Расчет средней пропускной способности и емкости сети.

### **Занятие 10. Планирование сети LTE-A (2 часа)**

Частотно-территориальное планирование сети LTE-A. Построение сети начального приближения. Выбор частотного кластера. Расчет мощности передатчиков для ближней и дальней зоны. Бюджет потерь на линиях вверх и вниз на границе сот для ближней и дальней зоны. Выбор модели распространения сигнала для оценивания радиуса сот. Расчет площади соты. Расчет емкости и пропускной способности соты.

### **Занятие 11. Технология MIMO (1 час)**

Технология MIMO для нисходящей передачи сигналов. Пространственная обработка сигналов на различных антенных элементах. Средняя спектральная эффективность для линии вверх  $1 \times 2$ ,  $1 \times 4$ , для линии вниз  $2 \times 2$ ,  $4 \times 2$ ,  $4 \times 4$ . Пространственная обработка сигналов на передающей и приёмной стороне MIMO-OFDMA системы радиосвязи. Обобщенная схема приёмника и

передатчика MIMO-OFDMA системы радиосвязи.

### **Занятие 12. Измерение каналов и отношений сигнал/помеха в приёмниках абонентов (1 час)**

Измерения в системах радиосвязи LTE-A с частотным дуплексом FDD MIMO каналов приёмником абонента при помощи специальных опорных (пилотных) сигналов, передаваемых базовыми станциями на выделенных пилотных поднесущих. Описание в стандарте LTE-A положений пилотных поднесущих в частотно-временной области (OFDM-символы и частоты поднесущих). Опорные сигналы заранее известны приёмникам пользователей. Измерения частотной характеристики канала связи для каждой пары приёмной и передающей антенн, полученные на пилотных поднесущих. Использование измерений для восстановления передаточной функции канала на остальных OFDM символах подкадра во всей полосе частот путём интерполяции. Передача данных о MIMO канале связи от приёмника по обратному каналу связи на обслуживаемую базовую станцию в специальных служебных сообщениях.

### **Занятие 13. Распределение физических ресурсов системы (1 час)**

Распределение физических ресурсов системы связи между абонентами Назначение частотно-временных блоков для передачи сигналов абонентам на основе планирования физических ресурсов MIMO-OFDMA системы связи. Выделение базовой станцией поднесущих каждого доступного частотно-временного блока абонентам, для которых достигается наибольшее значение целевой функции. Суммарная ожидаемая пропускная способность каналов абонентов, вычисляемая на основе значений отношения сигнал/помеха (ОСП). Ограничение выделения ресурсов абонентам с низкими значениями ОСП. Алгоритм пропорционального справедливого распределения физических ресурсов. Максимальное отношение ожидаемой пропускной способности  $i$ -ого абонента, к средней пропускной способности  $i$ -ого абонента. Использование в MIMO-OFDMA системе связи одного и того же частотно-временного блока для обслуживания нескольких абонентов.

## **Лабораторные работы (18 часов)**

### **Лабораторная работа №1. Измерение уровня принимаемого сигнала в сети сотовой связи (2 часа).**

Цель работы: Измерение уровня принимаемого сигнала в сотовом телефоне и расчет степенной модели распространения радиосигнала базовой станции на основе измерений.

Задание. В лабораторной работе измеряется мощность радиосигнала в приемнике мобильной станции в нескольких точках местности на удалении  $R_1, R_2, \dots, R_n$  от базовой станции. Мощность радиосигнала в точке приема ( $MS$  – мобильной станции) рассчитывается с помощью степенной функции расстояния

$R$  между приемником и передатчиком (BTS)  $PMS = A R^{-n} PBTS$ , где  $PMS$  – мощность радиосигнала в приемнике мобильной станции,  $PBTS$  – мощность радиосигнала, излучаемая базовой станцией,

$A$  – коэффициент пропорциональности,  $n$  – показатель ослабления радиосигнала.

Для двух соседних точек определяется отношение мощностей  $R1^{-n}/R2^{-n}$ , откуда рассчитывается показатель ослабления  $n$ . Измерение между точками, в которых проводятся измерения мощности принятого сигнала, выполняется на электронной карте о. Русский. Расстояние между соседними точками 200 метров. Измерение мощности проводится с помощью смартфонов и установленных на них специальных программ (Open Signal). Измерение уровня принимаемого сигнала выполняется в четырех точках. Шаг между точками 200 метров с отчетом от базовой станции. В каждой точке измеряется уровень принимаемого сигнала с интервалом 10 секунд, результаты 10 измерений заносятся в таблицу. Показатель ослабления  $n$  рассчитывается на каждом участке трассы.

## **Лабораторная работа №2. Анализ моделей распространения радиосигнала (2 часа).**

Цель работы: исследование эмпирических моделей распространения радиосигнала, рекомендованных для систем сотовой связи.

Задание. Выполнить анализ применимости моделей распространения радиосигнала Окамура-Хата, COST231- Хата и Уолфиша – Икегами для измерений, проведенных в лабораторной работе №1. Составить программу в Mathcad для расчета принимаемого сигнала в максимально удаленной точке от базовой станции с помощью трех эмпирических моделей. Мощность базовой станции определить исходя из известного уровня принимаемого сигнала, известного расстояния до базовой станции и рассчитанного показателя ослабления радиосигнала  $n$  степенной модели распространения радиосигнала. Определить частоту радиосигнала для выполненных измерений на основании данных о занимаемом диапазоне частот сотовыми компаниями во Владивостоке. Сеть второго поколения GSM в России применяется в следующих частотных

диапазонах: 935–960 МГц, 1805-1880 МГц – передатчик базовой станции. В сети третьего поколения UMTS из 26 частотных диапазонов в России официально разрешено использовать два: 2110-2170 МГц, 925–960 МГц. Для сотовых операторов Приморского края выделены диапазоны передатчиков базовых станций 2125-2140 МГц - Мегафон, 2140-2155 МГц – МТС, 2155-2170 МГц – Билайн. Диапазон 2500-2700 МГц выделен для стандарта LTE. При расчете потерь на трассе достаточно выбрать центральную частоту занимаемого диапазона. Погрешность расчета принимаемого сигнала необходимо оценить для трех моделей распространения радиосигнала.

### **Лабораторная работа №3. Мониторинг сотовых сетей связи (2 часа)**

Цель работы: Исследование характеристик сетевого оборудования сотовых сетей

Задание. Получение сетевой информации о базовых станциях, секторах сот, локальных зонах базовых станций, режимах работы модуляторов. Применение для нетмониторинга программ смартфонов, отображающих на экране информацию о состоянии сети - G-MoN, Netmonitor, Network Monitor Light, G-NetTrack. Отображение на экране телефона после установки на нем программы-нетмонитора следующих параметров: код страны MCC (Mobile Country Code), код мобильной сети MNC (Mobile Network Code), идентификатор наземной подвижной сети общего пользования PLMN ID (Public Land Mobile Network Identifier), код локальной зоны LAC (Location Area Code), идентификатор соты CID (Cell Identifier), показатель временной задержки прохождения сигнала TA (Timing Advance).

Список соседних сот NCL (Neighbour Cell List). Конфигурация списка для каждой соты при настройке параметров сети для проведения процедуры перехода MS из одной соты в другую (handover). В сетях UMTS сота (Cell) не определена. Применение вместо него зоны обслуживания SA (Service Area). Каждая зона обслуживания может состоять из одной или более сот или секторов, может обслуживаться несколькими базовыми станциями (NodeB) одновременно. Устройства могут одновременно соединяться с тремя ячейками для бесшовной

или мягкой передачи (soft handover), без разрыва и пересоздания канала. Составление таблицы сетевых параметров при перемещении смартфона по кампусу ДВФУ.

#### **Лабораторная работа №4. Исследование рабочего диапазона частот радиомодулей USRP2901 с двумя антеннами (2 часа)**

Цель работы: определение диапазона ВЧ-частот приемника USRP2901 с трехполосной антенной VERT400 и двухполосной антенной VERT 2450.

Задание. Подключение к компьютеру двух радиомодулей USRP2901 с USB-интерфейсом, один в качестве приёмника, другой в качестве передатчика. Анализ уровня принимаемого сигнала в 5 частотных диапазонах, обеспечиваемых двумя антеннами: антенна штыревая 3- диапазонная VERT400 (144 МГц, 400 МГц, 1200МГц) и антенна штыревая 2- диапазонная VERT 2450 (2,40... 2,48ГГц, 4,9...5,9 ГГц). Измерение уровня принимаемого сигнала и ширины спектра при следующих параметрах передатчика и приёмника для первого частотного диапазона с антенной VERT400. Несущая частота – 144 МГц. Частота дискретизации – 200 кГц. Манипуляция – 16 QAM. Измерение на приёмной стороне с помощью спектроанализатора, встроенного в приемник, полосы и уровня сигнала. Измерение уровня сигнала на пяти центральных частотах с такой же частотой дискретизации и манипуляцией. Сравнение относительных уровней принятых сигналов в пяти рабочих диапазонах антенн. Измерение уровня принятого сигнала на максимальном удалении от центральной частоты каждого из пяти частотных диапазонов антенн. Анализ влияния взаимного расположения штыревых антенн передатчика и приемника, а также расстояния между антеннами.

#### **Лабораторная работа № 5. Транкинговые системы связи (2 часа)**

Цель работы: ознакомление с принципами построения сетей транкинговой связи, составом оборудования сети, стандартом MPT1327, радиостанцией Orca.

Задание. Поиск частоты канала управления транкинговой базовой станции Владивостока с помощью спектроанализатора, встроенного в радиоприемник PCR1000. Определение центральной частоты и спектра радиосигнала канала

управления базовой станции на сопке Буссе Владивостока транкинговой системы ACCESSNET. Ознакомление с составом оборудования ACCESSNET и протоколом сигнализации MPT1327. Измерение ширины спектра радиосигнала базовой станции (12 кГц), отображаемого на панели «Band Scope» радиоприемника PCR1000. Измерение среднего уровня принимаемого сигнала в относительных единицах с помощью стрелочного индикатора. Подключение к сети мобильной радиостанции Orca. Ознакомление с полудуплексным режимом работы радиостанции и ее техническими характеристиками.

Запись файла осциллограммы сигнала радиотелефона Orca на канале управления с помощью программы GoldWave. Анализ полей протокола MPT1327 с помощью записанной осциллограммы. Выполнение соединения радиостанции с произвольным городским номером телефона стационарной городской сети ТфОП. Запись разговора, анализ сигнала осциллограммы записанного разговора.

### **Лабораторная работа № 6. Сотовая связь стандарта GSM (2 часа)**

Цель работы: Исследование радиосигнала передатчика базовой станции стандарта GSM.

Задание. Поиск частоты канала управления сотовых базовых станций Владивостока с помощью спектроанализатора, встроенного в радиоприемник PCR1000. Определение центральной частоты и спектра радиосигнала канала управления базовых станций на острове Русский Владивостока сотовой системы GSM в диапазоне 900 МГц. Ознакомление с составом оборудования сотовой сети и протоколом GSM. Измерение ширины спектра радиосигнала базовой станции (200 кГц), отображаемого на панели «Band Scope» радиоприемника PCR1000. Измерение среднего уровня принимаемого сигнала.

Запись файла осциллограммы сигнала базовой станции GSM на канале управления с помощью программы GoldWave. Анализ полей протокола с помощью записанной осциллограммы. Выполнение соединения радиостанции с произвольным городским номером телефона стационарной городской сети ТфОП. Запись разговора, анализ сигнала осциллограммы записанного разговора.



Измерение времени установления соединения между телефонами сотовых компаний Владивостока. Измерение времени установления соединения между сотовым телефоном и стационарным телефоном городской сети ТфОП.

### **Лабораторная работа № 7. Кодовое разделение сигналов (2 часа)**

Цель работы: исследование двухканальной системы передачи и приёма с кодовым разделением сигналов с использованием функций Уолша 8-го порядка.

Лабораторное оборудование: цифровой стенд УМ 11, осциллограф, мультиметр.

Задание. Сборка проводниками экспериментальной схемы двухканального передатчика с кодовым разделением сигналов по заданной структурной и электрической схеме передатчика. Электрическая схема передатчика содержит следующие элементы, расположенные в стенде УМ11. Генератор импульсов 250 кГц, трехразрядный двоичный счетчик, логические элементы ИЛИ, исключающее ИЛИ, реализующие функции коммутаторов и сумматоров цифровых сигналов. Входные цифровые сигналы первого и второго канала передатчика задаются независимо друг от друга двумя тумблерными переключателями. Для каждой из четырех комбинаций сигналов на входе передатчика снимается осциллограмма выходного сигнала, поступающего в линию связи на приемник. Масштаб осциллографа по времени подбирается так, чтобы на экране был виден один кадр из восьми бит функции Уолша. Чередование нулей и единиц строки матрицы Уолша определяется также с помощью осциллографа.

### **Лабораторная работа № 8. Сотовая связь стандарта UMTS (2 часа)**

Цель работы: Исследование радиосигнала передатчика базовой станции стандарта UMTS.

Задание. Поиск частоты канала управления сотовых базовых станций Владивостока с помощью спектроанализатора, встроенного в радиоприемник РСР1000. Определение центральной частоты и спектра радиосигнала канала управления базовых станций на острове Русский Владивостока сотовой системы UMTS с радиоинтерфейсом WCDMA в диапазоне 900 МГц. Ознакомление с

составом оборудования сотовой сети и протоколом UMTS. Измерение ширины спектра радиосигнала базовой станции, отображаемого на панели «Band Scope» радиоприемника PCR1000. Измерение среднего уровня принимаемого сигнала.

Запись файла осциллограммы сигнала базовой станции UMTS на канале управления с помощью программы GoldWave. Анализ полей протокола с помощью записанной осциллограммы. Выполнение соединения радиостанции с произвольным городским номером телефона стационарной городской сети ТфОП. Запись разговора, анализ сигнала осциллограммы записанного разговора.

Измерение времени установления соединения между телефонами сотовых компаний Владивостока. Измерение времени установления соединения между сотовым телефоном и стационарным телефоном городской сети ТфОП.

### **Лабораторная работа № 9. Сотовая связь стандарта LTE-A (2 часа)**

Цель работы: Исследование радиосигнала передатчика базовой станции стандарта LTE-A.

Задание. Поиск частоты канала управления сотовых базовых станций LTE-A Владивостока с помощью спектроанализатора, встроенного в радиоприемник USRP2901. Определение центральной частоты и спектра радиосигнала канала управления базовых станций на острове Русский Владивостока сотовой системы LTE-A с радиointерфейсом в диапазоне 2600 МГц. Ознакомление с составом оборудования сотовой сети и протоколом LTE-A. Измерение ширины спектра радиосигнала базовой станции, отображаемого на панели управления радиоприемника USRP2901. Измерение среднего уровня принимаемого сигнала.

Запись файла осциллограммы сигнала базовой станции LTE-A на канале управления с помощью программы GoldWave. Анализ полей протокола с помощью записанной осциллограммы. Выполнение соединения радиостанции с произвольным городским номером телефона стационарной городской сети ТфОП. Запись разговора, анализ сигнала осциллограммы записанного разговора.

Измерение времени установления соединения между телефонами сотовых компаний Владивостока. Измерение времени установления соединения между сотовым телефоном и стационарным телефоном городской сети ТфОП.

## **Задания для самостоятельной работы**

*Требования:* Перед каждой лабораторной работой обучающемуся необходимо изучить Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Мобильные системы радиосвязи».

### **Самостоятельная работа №1. Изучение системы мобильной связи второго поколения.**

Системы мобильной связи второго поколения, их виды, характеристики и структура типовой схемы сети второго поколения.

*Требования:*

1. Свободно ориентироваться в терминологии, особенностях реализации и принципах построения систем сотовой связи второго поколения.
2. Знать особенности реализации, принципы планирования сетей сотовой связи второго поколения.

### **Самостоятельная работа № 2. Изучение системы мобильной связи третьего и четвертого поколений.**

*Требования.* Задание индивидуальное. Отчет по теме осуществляется в форме эссе (ПР-3). Каждый студент получает свой **вариант** темы для составления эссе.

1. Изучить методическое пособие по проведению лабораторных работ по дисциплине «Микропроцессоры и цифровая обработка сигналов радиосвязи»
2. Знать различия между системами сотовой связи второго, третьего и четвертого поколений, особенности реализации и преимущества и недостатки каждого из них.

## **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	В течение семестра	Подготовка к лабораторным занятиям, изучение литературы	15 часов	Работа на лабораторных занятиях (ПР-6)
2	1-8 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы № 1	6 часов	УО-1 (собеседование/устный опрос) ПР-2 (контрольная работа)
3	9-15 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы № 2	6 часов	УО-1 (собеседование/устный опрос), ПР-2 (контрольная работа)
4	16-18 неделя семестра	Подготовка к экзамену	27 часов	Экзамен, ПР-8 (портфолио)
Итого:			54 часа	

### Рекомендации по самостоятельной работе студентов

*Планирование и организация времени, отведенного на выполнение заданий самостоятельной работы.*

Изучив график выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить структуру каждого задания, обратить внимание на график выполнения работ, отчетность по каждому заданию предоставляется в последнюю неделю согласно графику. Обратите внимание, что итоги самостоятельной работы влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины.

#### *Работа с литературой.*

При выполнении ряда заданий требуется работать с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

В процессе выполнения самостоятельной работы рекомендуется работать со следующими видами изданий:

а) Научные издания, предназначенные для научной работы и содержащие теоретические, экспериментальные сведения об исследованиях. Они могут публиковаться в форме: монографий, научных статей в журналах

или в научных сборниках;

б) Учебная литература подразделяется на:

- учебные издания (учебники, учебные пособия, тексты лекций), в которых содержится наиболее полное системное изложение дисциплины или какого-то ее раздела;

- справочники, словари и энциклопедии – издания, содержащие краткие сведения научного или прикладного характера, не предназначенные для сплошного чтения. Их цель – возможность быстрого получения самых общих представлений о предмете.

Существуют два метода работы над источниками:

– сплошное чтение обязательно при изучении учебника, глав монографии или статьи, то есть того, что имеет учебное значение. Как правило, здесь требуется повторное чтение, для того чтобы понять написанное. Старайтесь при сплошном чтении не пропускать комментарии, сноски, справочные материалы, так как они предназначены для пояснений и помощи. Анализируйте рисунки (карты, диаграммы, графики), старайтесь понять, какие тенденции и закономерности они отражают;

– метод выборочного чтения дополняет сплошное чтение; он применяется для поисков дополнительных, уточняющих необходимых сведений в словарях, энциклопедиях, иных справочных изданиях. Этот метод крайне важен для повторения изученного и его закрепления, особенно при подготовке к зачету.

Для того чтобы каждый метод принес наибольший эффект, необходимо фиксировать все важные моменты, связанные с интересующей Вас темой.

Тезисы – это основные положения научного труда, статьи или другого произведения, а возможно, и устного выступления; они несут в себе большой объем информации, нежели план. Простые тезисы лаконичны по форме; сложные – помимо главной авторской мысли содержат краткое ее обоснование и доказательства, придающие тезисам более весомый и убедительный характер. Тезисы прочитанного позволяют глубже раскрыть его содержание; обучаясь излагать суть прочитанного в тезисной форме, вы сумеете выделять из множества мыслей авторов самые главные и ценные и делать обобщения.

Конспект – это способ самостоятельно изложить содержание книги или статьи в логической последовательности. Конспектируя какой-либо источник, надо стремиться к тому, чтобы немногими словами сказать о многом. В тексте конспекта желательно поместить не только выводы или положения, но и их аргументированные доказательства (факты, цифры, цитаты).

Писать конспект можно и по мере изучения произведения, например, если прорабатывается монография или несколько журнальных статей.

Составляя тезисы или конспект, всегда делайте ссылки на страницы, с которых вы взяли конспектируемое положение или факт, – это поможет вам сократить время на поиск нужного места в книге, если возникает потребность глубже разобраться с излагаемым вопросом или что-то уточнить при написании письменных работ.

### **Методические рекомендации по выполнению заданий для самостоятельной работы и критерии оценки.**

*Самостоятельная работа №1.* От обучающегося требуется:

1. Свободно ориентироваться в стандарте сотовой связи второго поколения.

2. Знать во всех тонкостях принцип работы сотовой сети.

Собеседование (устный опрос) позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Опрос – важнейшее средство развития мышления и речи. Обучающая функция опроса состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке задания по самостоятельной работе.

Критерии оценки. Используется зачетная система. Во время опроса допускается не более 1-й ошибки или неточности.

*Самостоятельная работа № 2.* От обучающегося требуется:

1. Изучить методическое пособие по проведению лабораторных работ по дисциплине «Мобильные системы радиосвязи»

2. Знать различия между разными стандартами сотовой связи, их достоинства и недостатки и особенности реализации.

3. Знать структуру, принцип работы и различия стандартов сотовой связи.

Критерии оценки. Используется оценочная система. Во время опроса допускается не более 1-й ошибки или неточности.

<b>Оценка</b>	<b>Требования</b>
<b>«отлично»</b>	Оценка «отлично» ставится студенту за выполнение контрольной работы на 91% и более.
<b>«хорошо»</b>	Оценка «хорошо» ставится студенту за выполнение контрольной работы на 80-90%
<b>«удовлетворительно»</b>	Оценка «удовлетворительно» ставится студенту за выполнение контрольной работы на 61-79%.
<b>«неудовлетворительно»</b>	Оценка «неудовлетворительно» ставится студенту за выполнение контрольной работы на менее чем 60%.

## **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Модуль I. Системы мобильной связи второго поколения	ПК-1.1 Анализирует статистические параметры трафика	Знает технические средства мобильной связи; принципы частотного планирования мобильных сетей;	УО-1 собеседование / устный опрос;	
			Умеет оценивать минимальное количество базовых станций;	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-2 контрольная работа	
			Владеет навыками работы с программами смартфонов для оценивания параметров принимаемого сигнала;	ПР-6 лабораторная работа;	
		ПК-1.3 Анализирует статистику основных показателей эффективности радиосистем и систем передачи данных исследовательских и практических задач	Знает основные характеристики оборудования сети, по которым происходит их выбор в той или иной сотовой сети;	УО-1 собеседование / устный опрос;	
			Умеет самостоятельно находить необходимую научно-техническую и справочную литературу, в которой описываются необходимые характеристики сотовых сетей;	УО-1 собеседование / устный опрос;	
			Владеет приемами расчета прямого и обратного преобразования Фурье, используемых при проектировании сетей четвертого поколения; Основными параметрами сетевого мониторинга;	ПР-6 лабораторная работа;	
1	Модуль 2. Системы мобильной связи третьего и четвертого поколений	ПК-1.1 Анализирует статистические параметры трафика	Знает влияние направленности и коэффициента усиления антенны на отношение сигнал-помеха MS.	УО-1 собеседование / устный опрос;	
			Умеет планировать расположение базовых станций; применять модели распространения радиосигнала.	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-2 контрольная работа	
			Владеет навыками выбора диаграммы направленности антенн;	ПР-6 лабораторная работа;	
		ПК-1.3 Анализирует статистику основных показателей	Знает принципы частотного планирования и уверенно их применять для проектирования сети;	УО-1 собеседование / устный опрос;	
			Умеет пользоваться виртуальными осциллографами и	УО-1 собеседование / устный опрос;	

		эффективности радиосистем и систем передачи данных исследовательских и практических задач	генераторами, встроенными в радиомодули USRP. Владеет математическими методами расчета и описания пропускной способности сетей с коммутацией пакетов и коммутацией каналов; Умением выбирать соответствующие измерительной задаче методики измерений и средства измерений;		
				ПР-6 лабораторная работа;	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие результаты обучения, представлены в Приложении.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Гадзиковский В.И. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие [Электронный ресурс] / - М.: СОЛОН-Пр., 2014. - 766 с.  
<http://znanium.com/catalog/product/883840>

2. Гуров В.В. Микропроцессорные системы: Учебник [Электронный ресурс] / - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 336 с.  
<http://znanium.com/catalog/author/45c0c05d-39bd-11e4-b05e-00237dd2fde2>

3. Оппенгейм А. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс]/ Алан Оппенгейм, Рональд Шафер— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2012.— 1048 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26906.html>

4. Сперанский В.С. Конспект лекций по курсу Микропроцессоры и цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс]: Сперанский В.С. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский технический университет связи и информатики, 2013. — 102 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63339.html>

5.



## Дополнительная литература

1. Глинкин Е.И. Схемотехника микропроцессорных средств [Электронный ресурс]: монография. — Электрон. текстовые данные. — Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 149 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64583.html>
2. Милованов Н.В. Архитектура систем на кристалле [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Милованов Н.В. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2011. — 86 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14006.html>
3. Носов В.И. Обработка сигналов при ортогональном частотном мультиплексировании [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Носов В.И. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2012. — 349 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40539.html>

## Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
3. База данных полнотекстовых академических журналов Китая <http://oversea.cnki.net/>
4. Федеральный портал «Российское Образование». Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов. География. [http://fcior.edu.ru/catalog/osnovnoe\\_obshee?discipline\\_oo=16&class=&learning\\_character=&accessibility\\_restriction=](http://fcior.edu.ru/catalog/osnovnoe_obshee?discipline_oo=16&class=&learning_character=&accessibility_restriction=)
5. Электронные базы данных EBSCO <http://search.ebscohost.com/>

## Профессиональные базы данных и информационные

## справочные системы

6. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
7. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
8. База данных полнотекстовых академических журналов Китая <http://oversea.cnki.net/>
9. Федеральный портал «Российское Образование». Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов. География. [http://fcior.edu.ru/catalog/osnovnoe\\_obshee?discipline\\_oo=16&class=&learning\\_character=&accessibility\\_restriction=](http://fcior.edu.ru/catalog/osnovnoe_obshee?discipline_oo=16&class=&learning_character=&accessibility_restriction=)
10. Электронные базы данных EBSCO <http://search.ebscohost.com/>

## VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

**Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины.** Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратите внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, лабораторные занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, лабораторные занятия, задания для самостоятельной работы.

*Лекционные занятия* ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

*Лабораторные занятия* акцентированы на наиболее принципиальных и проблемных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам

необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Освоение курса способствует развитию навыков обоснованных и самостоятельных оценок фактов и концепций. Поэтому во всех формах контроля знаний, особенно при сдаче зачета, внимание обращается на понимание проблематики курса, на умение практически применять знания и делать выводы.

**Работа с литературой.** Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

**Подготовка к экзамену.** К сдаче экзамена допускаются обучающиеся, выполнившие все задания (лабораторные, самостоятельные), предусмотренные учебной программой дисциплины, посетившие не менее 85% аудиторных занятий.

## VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

### Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус Е, ауд. Е 729. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 30) Оборудование: Моноблок Lenovo C306G-i34164G500UDK (1 шт), Акустическая система Extron SI 3CT LP (3 шт), врезной интерфейс TLS TAM 201 Standart III, документ-камера Avervision CP355AF, ЖК-панель 47” LG M4716CCBA, матричный коммутатор Extron DXP 44 DVI PRO, микрофонная петличная радиосистема Sennheiser EW 122 G3, мультимедийный проектор Mitsubishi EW330U, расширение для контроллера управления Extron IPL T CR48, сетевая видеокамера	Adobe Creative Cloud for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription Renewal Контракт №ЭА-667-17 от 08.02.2018; AutoCAD Electrical 2015. Срок действия лицензии 10.09.2020. № договора 110002048940 в личном кабинете Autodesk; ESET NOD32 Secure Enterprise Контракт №ЭА-091-18 от 24.04.2018; InDesign CC for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription Renewal №ЭА-667-17 от 08.02.2018; Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "Softline Trade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18; Photoshop CC for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription Renewal

	<p>Multipix MP-HD718, стойка металлическая для ЖК-дисплея, усилитель мощности Extron XPA 2001-100V, усилитель-распределитель DVI сигнала Extron DVI DA2, цифровой аудиопроцессор Extron DMP 44 LC, экран проекционный ScreenLine Trim White Ice.</p>	<p>№ЭА-667-17 от 08.02.2018; SolidWorks Campus 500 сублицензионные договор №15-04-101 от 23.12.2015 Срок действия лицензии бессрочно. Количество лицензий – 500 штук.; Компас-3D договор 15-03-53 от 02.12.2015 Полная версия - Компас 3D v17. Key 566798581 (Vendor 46707).; Количество лицензий 250 штук.; Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012</p>
<p>690922, Приморский край, г.Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корп. Е, каб.Е727. Лаборатория современных технологий беспроводной связи департамента электроники, телекоммуникаций и приборостроения Политехнического института</p>	<p>Оборудование: Моноблок Lenovo C306G-i34164G500UDK (11 шт), Акустическая система Extron SI 3CT LP (3 шт), врезной интерфейс TLS TAM 201 Standart III, документ-камера Avervision CP355AF, ЖК-панель 47" LG M4716CCBA, матричный коммутатор Extron DXP 44 DVI PRO, микрофонная петличная радиосистема Sennheiser EW 122 G3, мультимедийный проектор Mitsubishi EW330U, расширение для контроллера управления Extron IPL T CR48, сетевая видеочамера Multipix MP-HD718, стойка металлическая для ЖК-дисплея, усилитель мощности Extron XPA 2001-100V, усилитель-распределитель DVI сигнала Extron DVI DA2, цифровой аудиопроцессор Extron DMP 44 LC, экран проекционный ScreenLine Trim White Ice National Instruments ELVIS II+, National Instruments SIGex</p>	<p>Adobe Creative Cloud for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription Renewal Контракт №ЭА-667-17 от 08.02.2018; AutoCAD Electrical 2015. Срок действия лицензии 10.09.2020. № договора 110002048940 в личном кабинете Autodesk; ESET NOD32 Secure Enterprise Контракт №ЭА-091-18 от 24.04.2018; InDesign CC for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription Renewal №ЭА-667-17 от 08.02.2018; Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "Softline Trade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18; Photoshop CC for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription Renewal №ЭА-667-17 от 08.02.2018; SolidWorks Campus 500 сублицензионные договор №15-04-101 от 23.12.2015 Срок действия лицензии бессрочно. Количество лицензий – 500 штук.; Компас-3D договор 15-03-53 от 02.12.2015 Полная версия - Компас 3D v17. Key 566798581 (Vendor 46707). Количество лицензий 250 штук. Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012</p>

Для проведения учебных занятий по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно следующее лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами,

оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

## **VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**Фонды оценочных средств представлены в приложении.**



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

---

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Мобильные системы радиосвязи»  
**Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и**  
**системы связи**  
Профиль «Системы радиосвязи и радиодоступа»  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2021**

## Перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины / модуля

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Модуль I. Системы мобильной связи второго поколения	ПК-1.1 Анализирует статистические параметры трафика	Знает технические средства мобильной связи; принципы частотного планирования мобильных сетей;	УО-1 собеседование / устный опрос;	
			Умеет оценивать минимальное количество базовых станций;	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-2 контрольная работа	
			Владеет навыками работы с программами смартфонов для оценивания параметров принимаемого сигнала;	ПР-6 лабораторная работа;	
		ПК-1.3 Анализирует статистику основных показателей эффективности радиосистем и систем передачи данных исследовательских и практических задач	Знает основные характеристики оборудования сети, по которым происходит их выбор в той или иной сотовой сети;	УО-1 собеседование / устный опрос;	
			Умеет самостоятельно находить необходимую научно-техническую и справочную литературу, в которой описываются необходимые характеристики сотовых сетей;	УО-1 собеседование / устный опрос;	
			Владеет приемами расчета прямого и обратного преобразования Фурье, используемых при проектировании сетей четвертого поколения; Основными параметрами сетевого мониторинга;	ПР-6 лабораторная работа;	
1	Модуль 2. Системы мобильной связи третьего и четвертого поколений	ПК-1.1 Анализирует статистические параметры трафика	Знает влияние направленности и коэффициента усиления антенны на отношение сигнал-помеха MS.	УО-1 собеседование / устный опрос;	
			Умеет планировать расположение базовых станций; применять модели распространения радиосигнала.	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-2 контрольная работа	
			Владеет навыками выбора диаграммы направленности антенн;	ПР-6 лабораторная работа;	
		ПК-1.3	Знает принципы частотного планирования и уверенно их	УО-1 собеседование /	

		Анализирует статистику основных показателей эффективности радиосистем и систем передачи данных исследовательских и практических задач	применять для проектирования сети;	устный опрос;	
			Умеет пользоваться виртуальными осциллографами и генераторами, встроенными в радиомодули USRP.	УО-1 собеседование / устный опрос;	
			Владеет математическими методами расчета и описания пропускной способности сетей с коммутацией пакетов и коммутацией каналов; Умением выбирать соответствующие измерительной задаче методики измерений и средства измерений;	ПР-6 лабораторная работа;	

Для дисциплины «Мобильные системы радиосвязи» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Собеседование (УО-1)

Письменные работы:

1. Контрольные работы (ПР-2)

2. Лабораторная работа (ПР-6)

3. Портфолио (ПР-8)

**Устный опрос**

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачёту.

Собеседование (УО-1) – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

**Письменные работы**

Письменный ответ приучает к точности, лаконичности, связности изложения мысли. Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе.

Контрольная работа (ПР-2) – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу

Лабораторная работа (ПР-6) – средство для закрепления и практического освоения материала по определенному разделу.



Портфолио (ПР-8) – целевая подборка работ обучающегося, раскрывающая его индивидуальные образовательные достижения в одной или нескольких учебных дисциплинах.

### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

Итоговая оценка промежуточной аттестации выставляется согласно рейтинг-плану, который включает в себя оценочные мероприятия, в том числе и экзамен/зачет, и весовые коэффициенты. Преподаватель знакомит студентом с рейтинг-планом в начале семестра.

### **Оценочные средства для текущей аттестации**

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий (собеседования, лабораторных работ, контрольных работ, портфолио) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

### **Вопросы для собеседования / устного опроса**

#### **Модуль 1.**

1. Виды мобильной связи: сотовая, транкинговая, спутниковая, пейджинговая радиосвязь. Характеристика этих видов связи. Отличительные особенности. Методы множественного доступа FDMA, TDMA, CDMA в сетях подвижной связи.

2. Спутниковые системы мобильной связи. Характеристики спутниковых систем Orbcomm, Inmarsat-P, Globalstar, Teledesic, Iridium. Преимущества низкоорбитальных спутниковых систем.

3. Частотно-территориальное планирование сотовой сети второго поколения. Деление обслуживаемой территории на соты и секторы. Защитный интервал. Необходимый частотный ресурс сети. Количество мешающих базовых станций при делении территории на соты и секторы.

4. Расчет уровня принимаемого радиосигнала с помощью степенной функции расстояния. Диапазон изменения степени ослабления радиосигнала при изменении рельефа местности. Выбор степени ослабления на начальном этапе проектирования сети. Учет измеренного значения степени ослабления в компьютерных программах при моделировании сети.

5. Расчет отношения сигнал-помеха сотовой сети второго поколения с помощью степенной функции ослабления радиосигнала через нормированные коэффициенты. Три варианта формул отношения сигнал-помеха для количества секторов в соте – 1, 3 и 6. Основной параметр, влияющий на отношение сигнал-помеха в сотовой сети.

6. Эмпирические модели распространения радиосигнала, рекомендованные при планировании сотовой сети для расчета уровня сигнала в точке приема. Условия применения формул. Пример экспериментально определенных уровней радиосигнала, характеризующих уверенный прием и потерю связи для стандарта GSM.

7. Стандарт GSM. Основные параметры и услуги. Организация каналов радиосвязи с помощью частотно временной матрицы. Методы множественного доступа стандарта GSM. Нумерация каналов связи. Медленные скачки по частоте.

8. Физические каналы радиосвязи стандарта GSM. Организация физических каналов радиосвязи, их характеристики. Количество одновременно разговаривающих абонентов сети. Количество каналов связи базовой станции.

9. Логические каналы радиосвязи стандарта GSM. Организация логических каналов радиосвязи, их характеристики. Пример передачи мультикадра по каналу случайного доступа RACH.

10. Состав оборудования типовой системы сотовой связи второго поколения. Назначение элементов сети. Алгоритм функционирования типовой сотовой сети. Аутентификация в сети GSM. Назначение и алгоритм проведения аутентификации. Условие успешного прохождения аутентификации. Возможные причины отказа допуска к сети зарегистрированного абонента.

11. Модулятор GMSK стандарта GSM. Структурная схема модулятора. Формирование частоты передатчиком. Количество различных комбинаций выходного сигнала модулятора, уравнения сигналов. Принцип демодуляции сигнала в приемнике.

12. Отношение сигнал/помеха в цифровых каналах связи. Оценка отношения сигнал/помеха  $E_0/N_0$ , связь с отношением  $P_C/P_{\text{Пом}}$ . Отличие отношения  $E_0/N_0$  от отношения  $P_C/P_{\text{Пом}}$ . Место установки прибора для измерения  $E_0/N_0$ .

13. Вероятность ошибки BER в цифровых каналах связи. Параметры, влияющие на количество бит, принятых неправильно в приемнике. Расчет вероятности ошибок для амплитудной, частотной, фазовой манипуляции при когерентном и некогерентном приеме. Сравнение BER для АМ-, ЧМ- и ФМ-приемников при одинаковом отношении сигнал/помеха.

14. Сотовая сеть как система массового обслуживания. Характеристики и расчетные параметры. Трафик. Расчет вероятности отказа в обслуживании с помощью модели Эрланга В. Предположения, которые используются в модели Эрланга В.

15. Радиointерфейс EDGE. Назначение EDGE, метод манипуляции. Скорость передачи данных. Необходимые изменения в телефоне и базовой станции для использования радиointерфейса. Автоматическая настройка скорости передачи информации.

16. Сеть GPRS. Параметры передачи полезной информации в режиме пакетной коммутации. Данные, которые хранятся в регистре HLR и используются для продвижения пакетов в сети.

17. Сеть GPRS. Структурная схема сети. Назначение сетевых блоков. Функции узлов SGSN и GGSN. Прохождение по сети информации от абонента к абоненту в режиме коммутации каналов и режиме пакетной коммутации.

18. Характеристика сетей пакетной коммутации. Сравнение сетей пакетной и канальной коммутации. Преимущества, недостатки разных методов коммутации.

## **Модуль 2.**

1. Радиointерфейсы сотовых систем третьего поколения 3G. Методы множественного доступа, используемые в сетях 3G. Радиointерфейсы с кодовым разделением сигналов. Поддержка систем второго поколения.

2. Трехуровневая структура систем третьего поколения IMT-2000. Элементы отдельных уровней, их назначение и характеристика.

3. Структурная схема европейской системы третьего поколения UMTS. Назначение элементов сотовой сети. Сравнение структуры UMTS с сетью второго поколения.

4. Применение функций Уолша в сотовой связи. Принцип образования матриц второго, четвертого, восьмого порядка. Функции Уолша восьмого порядка. Принцип работы передатчика и приемника с кодовым разделением сигналов (независимо от схемы и стандарта сотовой связи).

5. Выигрыш обработки сигналов с кодовым разделением каналов связи CDMA. База сигнала. Причина изменения чувствительности приемника.

6. Стандарт на радиointерфейс WCDMA сетей третьего поколения 3G. Основные технические параметры радиointерфейса WCDMA. Характеристика трех уровней организации радиодоступа.

7. Частотно-территориальное планирование сетей третьего поколения 3G. Возможные варианты расположения базовых станций в сотовой сети. Влияние частотного планирования на емкость сети.

8. Расчет емкости сетей третьего поколения 3G с кодовым разделением каналов. Ограничение на количество доступных каналов из-за допустимого отношения сигнал-помеха. Межканальные помехи мобильных телефонов.

9. Радиointерфейсы сотовых систем четвертого поколения 4G. Методы множественного доступа, используемые в сетях 4G. Радиointерфейсы с ортогональным частотным разделением сигналов OFDMA. Преимущества и недостатки OFDMA, ресурсный блок.

10. Сравнение систем LTE и LTE advanced с системами организации каналов с кодовым разделением CDMA.

11. Компоненты сети - радиодоступ E-UTRAN и базовая сеть SAE или EPC. Обмен данными в сети EPC только по IP протоколу с коммутацией пакетов, отсутствие коммутации каналов между отдельными элементами сети LTE. Базовые станции eNodeB. Назначение основных элементов сети. Управление радиоресурсами: распределение радиоканалов, динамическое распределение ресурсов в восходящих и нисходящих направлениях. Маршрутизация пакетов данных по направлению к обслуживающему шлюзу S-GW.

12. Частотно-территориальное планирование сети LTE Построение сети начального приближения. Выбор частотного кластера. Выбор мощности передатчиков для ближней и дальней зоны. Бюджет потерь на линиях вверх и вниз на границе сот для ближней и дальней зоны. Выбор модели распространения сигнала для оценивания радиуса сот. Площадь соты. Емкость и пропускная способность соты.

### Критерии оценивания

Оценка	Требования
«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и

	приемами выполнения практических задач.
<b>«хорошо»</b>	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
<b>«удовлетворительно»</b>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
<b>«неудовлетворительно»</b>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного «не материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

### Тематика лабораторных работ

1. Измерение уровня принимаемого сигнала в сети сотовой связи.
2. Исследование сети сотовой связи на кампусе ДВФУ.
3. Исследование сети сотовой связи в корпусах кампуса ДВФУ.
4. Сеть стандарта GSM.
5. Исследование рабочего диапазона частот радиомодулей USRP 2901

### Критерии оценки лабораторных работ

Оценка	Требования
<b>«зачтено»</b>	Студент выполняет лабораторную работу в полном объёме с соблюдением необходимой последовательности проведения измерений, правильно самостоятельно определяет цель работы; самостоятельно, рационально выбирает необходимое оборудование для получения наиболее точных результатов проводимой работы. Грамотно и логично описывает ход работы, правильно формулирует выводы, точно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и т.п., умеет обобщать фактический материал. Допускается два/три недочёта или одна негрубая ошибка и один недочёт. Работа соответствует требованиям и выполнена в срок.
<b>«не зачтено»</b>	Студент выполнил работу не полностью, объём выполненной части не позволяет сделать правильные выводы; не определяет самостоятельно цель работы; в ходе работы допускает одну и более грубые ошибки,

	которые не может исправить, или неверно производит наблюдения, измерения, вычисления и т.п.; не умеет обобщать фактический материал. Лабораторная работа не выполнена.
--	--

### Тематика контрольных работ

Ниже представлен пример типовой контрольной работы по дисциплине.

Задача 1. Нарисуйте план расположения 23 базовых станций с 3-хсекторными антеннами и размерностью кластера  $N=6$ . Радиус соты  $R_c=2.17$  км. Определите с помощью рисунка защитный интервал  $D$ . Рассчитайте для этого проекции расстояния  $D$  на вертикальную и горизонтальную ось. Сравните найденное значение защитным интервалом, найденным с помощью приближенной формулы.

Задача 2. Нарисуйте план расположения 23 базовых станций по условиям задачи 1. Выберите соту и место расположения в ней мобильной станции на границе соты – из условия максимума помех в сети. Определите с помощью рисунка количество мешающих станций и нормированные расстояния до них (в радиусах соты) относительно мобильной станции. Рассчитайте отношение сигнал/помеха  $РС/РПОМ$  при условии равенства мощностей передатчиков базовых станций. Степень ослабления радиосигнала  $n=2$ .

Задача 3. Определите отношение сигнал/помеха в сети сотовой связи с помощью нормированных коэффициентов. Размерность кластера, количество секторов и ослабление радиосигнала определены условиями задачи 2. Поясните, какое количество мешающих базовых станций учитывается в формуле, на каком расстоянии они расположены относительно мобильной станции?

Задача 4. Определите необходимую мощность передатчика базовой станции, чтобы на границе соты обеспечивался уровень сигнала  $-74$  дБм по условиям задачи 1. Потери в фидере составляют 4 дБ. Коэффициент усиления антенны 60 раз. Модель распространения радиосигнала Окамура-Хата. Высота подвеса антенны базовой станции 25 м, высота подвеса приемной антенны 11.3 м, стандарт сотовой сети GSM-900, канал Downlink.

Теоретический вопрос. Основные характеристики стандарта GSM-900

( диапазон рабочих частот, дуплексный разнос и зачем он нужен? Количество частотных и временных каналов, по какому принципу происходит разделение?)

### Критерии оценки контрольных работ

Оценка	Требования
<b>«отлично»</b>	Оценка «отлично» ставится студенту за выполнение контрольной работы на 91% и более.
<b>«хорошо»</b>	Оценка «хорошо» ставится студенту за выполнение контрольной работы на 80-90%
<b>«удовлетворительно»</b>	Оценка «удовлетворительно» ставится студенту за выполнение контрольной работы на 61-79%.
<b>«неудовлетворительно»</b>	Оценка «неудовлетворительно» ставится студенту за выполнение контрольной работы на менее чем 60%.

### Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «мобильные системы радиосвязи» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчётности по дисциплине – экзамен (8-й, весенний семестр). Экзамен по дисциплине включает ответы на 2 вопроса. Один из вопросов носит общий характер. Он направлен на раскрытие студентом знаний по «сквозным» вопросам и проблемам геоморфологии и геологии. Второй вопрос касается процессов формирования рельефа и их результатов.

### Критерии выставления оценки студенту на экзамене

К экзамену допускаются обучающиеся, выполнившие программу обучения по дисциплине, прошедшие все этапы текущей аттестации.

Оценка	Требования к сформированным компетенциям
<b>«отлично»</b>	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
<b>«хорошо»</b>	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми



	навыками и приемами их выполнения.
<b>«удовлетворительно»</b>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
<b>«неудовлетворительно»</b>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного «не материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

### **Методические указания по сдаче экзамена**

Экзамен принимается ведущим преподавателем и преподавателем, ведущим практические и лабораторные занятия.

В исключительных случаях, по согласованию с заместителем директора Школы по учебной и воспитательной работе, заведующий департамента имеет право принять экзамен в отсутствие ведущего преподавателя.

Форма проведения экзамена (устная, письменная и др.) утверждается на заседании департамента по согласованию с руководителем в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Во время проведения экзамена студенты могут пользоваться рабочей программой дисциплины, а также с разрешения преподавателя, проводящего экзамен, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на экзамене, должно составлять не более одного часа. По истечении данного времени студент должен быть готов к ответу.

Присутствие на экзамене посторонних лиц (кроме лиц, осуществляющих проверку) без разрешения соответствующих лиц (ректора либо проректора по учебной и воспитательной работе, директора Школы, руководителя ОПОП или заведующего департаментом), не допускается. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, не имеющие возможности самостоятельного передвижения, допускаются на экзамен с сопровождающими.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

В зачетную книжку студента вносится только запись «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», запись «неудовлетворительно» вносится

только в экзаменационную ведомость. При неявке студента на зачет в ведомости делается запись «не явился».

### **Вопросы к экзамену**

13. Виды мобильной связи: сотовая, транкинговая, спутниковая, пейджинговая радиосвязь. Характеристика этих видов связи. Отличительные особенности. Методы множественного доступа FDMA, TDMA, CDMA в сетях подвижной связи.

14. Спутниковые системы мобильной связи. Характеристики спутниковых систем Orbcomm, Inmarsat-P, Globalstar, Teledesic, Iridium. Преимущества низкоорбитальных спутниковых систем.

15. Частотно-территориальное планирование сотовой сети второго поколения. Деление обслуживаемой территории на соты и секторы. Защитный интервал. Необходимый частотный ресурс сети. Количество мешающих базовых станций при делении территории на соты и секторы.

16. Расчет уровня принимаемого радиосигнала с помощью степенной функции расстояния. Диапазон изменения степени ослабления радиосигнала при изменении рельефа местности. Выбор степени ослабления на начальном этапе проектирования сети. Учет измеренного значения степени ослабления в компьютерных программах при моделировании сети.

17. Расчет отношения сигнал-помеха сотовой сети второго поколения с помощью степенной функции ослабления радиосигнала через нормированные коэффициенты. Три варианта формул отношения сигнал-помеха для количества секторов в соте – 1, 3 и 6. Основной параметр, влияющий на отношение сигнал-помеха в сотовой сети.

18. Эмпирические модели распространения радиосигнала, рекомендованные при планировании сотовой сети для расчета уровня сигнала в точке приема. Условия применения формул. Пример экспериментально определенных уровней радиосигнала, характеризующих уверенный прием и потерю связи для стандарта GSM.

19. Стандарт GSM. Основные параметры и услуги. Организация каналов радиосвязи с помощью частотно временной матрицы. Методы множественного доступа стандарта GSM. Нумерация каналов связи. Медленные скачки по частоте.

20. Физические каналы радиосвязи стандарта GSM. Организация физических каналов радиосвязи, их характеристики. Количество одновременно разговаривающих абонентов сети. Количество каналов связи базовой станции.

21. Логические каналы радиосвязи стандарта GSM. Организация логических каналов радиосвязи, их характеристики. Пример передачи мультикадра по каналу случайного доступа RACH.

22. Состав оборудования типовой системы сотовой связи второго поколения. Назначение элементов сети. Алгоритм функционирования типовой сотовой сети. Аутентификация в сети GSM. Назначение и алгоритм проведения аутентификации. Условие успешного прохождения аутентификации. Возможные причины отказа допуска к сети зарегистрированного абонента.

23. Модулятор GMSK стандарта GSM. Структурная схема модулятора. Формирование частоты передатчиком. Количество различных комбинаций выходного сигнала модулятора, уравнения сигналов. Принцип демодуляции сигнала в приемнике.

24. Отношение сигнал/помеха в цифровых каналах связи. Оценка отношения сигнал/помеха  $E_0/N_0$ , связь с отношением  $P_C/P_{Пом}$ . Отличие отношения  $E_0/N_0$  от отношения  $P_C/P_{Пом}$ . Место установки прибора для измерения  $E_0/N_0$ .

25. Вероятность ошибки BER в цифровых каналах связи. Параметры, влияющие на количество бит, принятых неправильно в приемнике. Расчет вероятности ошибок для амплитудной, частотной, фазовой манипуляции при когерентном и некогерентном приеме. Сравнение BER для АМ-, ЧМ- и ФМ-приемников при одинаковом отношении сигнал/помеха.

26. Сотовая сеть как система массового обслуживания. Характеристики и расчетные параметры. Трафик. Расчет вероятности отказа в обслуживании с

помощью модели Эрланга В. Предположения, которые используются в модели Эрланга В.

27. Радиointерфейс EDGE. Назначение EDGE, метод манипуляции. Скорость передачи данных. Необходимые изменения в телефоне и базовой станции для использования радиointерфейса. Автоматическая настройка скорости передачи информации.

28. Сеть GPRS. Параметры передачи полезной информации в режиме пакетной коммутации. Данные, которые хранятся в регистре HLR и используются для продвижения пакетов в сети.

29. Сеть GPRS. Структурная схема сети. Назначение сетевых блоков. Функции узлов SGSN и GGSN. Прохождение по сети информации от абонента к абоненту в режиме коммутации каналов и режиме пакетной коммутации.

30. Характеристика сетей пакетной коммутации. Сравнение сетей пакетной и канальной коммутации. Преимущества, недостатки разных методов коммутации.

31. Радиointерфейсы сотовых систем третьего поколения 3G. Методы множественного доступа, используемые в сетях 3G. Радиointерфейсы с кодовым разделением сигналов. Поддержка систем второго поколения.

32. Трехуровневая структура систем третьего поколения IMT-2000. Элементы отдельных уровней, их назначение и характеристика.

33. Структурная схема европейской системы третьего поколения UMTS. Назначение элементов сотовой сети. Сравнение структуры UMTS с сетью второго поколения.

34. Применение функций Уолша в сотовой связи. Принцип образования матриц второго, четвертого, восьмого порядка. Функции Уолша восьмого порядка. Принцип работы передатчика и приемника с кодовым разделением сигналов (независимо от схемы и стандарта сотовой связи).

35. Выигрыш обработки сигналов с кодовым разделением каналов связи CDMA. База сигнала. Причина изменения чувствительности приемника.

36. Стандарт на радиointерфейс WCDMA сетей третьего поколения 3G. Основные технические параметры радиointерфейса WCDMA. Характеристика трех уровней организации радиодоступа.

37. Частотно-территориальное планирование сетей третьего поколения 3G. Возможные варианты расположения базовых станций в сотовой сети. Влияние частотного планирования на емкость сети.

38. Расчет емкости сетей третьего поколения 3G с кодовым разделением каналов. Ограничение на количество доступных каналов из-за допустимого отношения сигнал-помеха. Межканальные помехи мобильных телефонов.

39. Радиointерфейсы сотовых систем четвертого поколения 4G. Методы множественного доступа, используемые в сетях 4G. Радиointерфейсы с ортогональным частотным разделением сигналов OFDMA. Преимущества и недостатки OFDMA, ресурсный блок.

40. Сравнение систем LTE и LTE advanced с системами организации каналов с кодовым разделением CDMA.

41. Компоненты сети - радиодоступ E-UTRAN и базовая сеть SAE или EPC. Обмен данными в сети EPC только по IP протоколу с коммутацией пакетов, отсутствие коммутации каналов между отдельными элементами сети LTE. Базовые станции eNodeB. Назначение основных элементов сети. Управление радиоресурсами: распределение радиоканалов, динамическое распределение ресурсов в восходящих и нисходящих направлениях. Маршрутизация пакетов данных по направлению к обслуживающему шлюзу S-GW.

42. Частотно-территориальное планирование сети LTE Построение сети начального приближения. Выбор частотного кластера. Выбор мощности передатчиков для ближней и дальней зоны. Бюджет потерь на линиях вверх и вниз на границе сот для ближней и дальней зоны. Выбор модели распространения сигнала для оценивания радиуса сот. Площадь соты. Емкость и пропускная способность соты.