**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

**УТВЕРЖДАЮ**
**Проректор по учебной работе**

**_____ Л.А. Боков**

«__08__» _____07_____ 2015 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

# «СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ»

**Уровень основной образовательной программы:** ***магистратура***

**Направление подготовки:** ***11.04.02 – «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»***

**Магистерская программа подготовки:** ***«Инфокоммуникационные системы беспроводного широкополосного доступа»***

**Форма обучения:** ***очная***
**Факультет:** ***РТФ (радиотехнический)***
**Профилирующая (выпускающая) кафедра:** ***ТОР (телекоммуникаций и основ радиотехники)***
**Обеспечивающая кафедра:** ***РТС (радиотехнических систем)***
**Курс: 2** **Семестр: 3**

**Учебный план набора 2015 года и последующих лет**

**Распределение рабочего времени**

| № | Виды учебной работы | Семестр 1 | Семестр 2 | Семестр 3 | Семестр 4 | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Лекции | | | 18 | | 18 | час. |
| 2. | Лабораторные работы | | | 20 | | 20 | час. |
| 3. | Практические занятия | | | 22 | | 22 | час. |
| 4. | Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная) | | | | | | час. |
| 5. | Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4) | | | 60 | | 60 | час. |
| 6. | Из них в интерактивной форме | | | 12 | | 12 | час. |
| 7. | Самостоятельная работа студентов (СРС) | | | 84 | | 84 | час. |
| 8. | Всего (без экзамена) (Сумма 5,7) | | | 144 | | 144 | час. |
| 9. | Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена | | | 36 | | 36 | час. |
| 10. | Общая трудоемкость (Сумма 8,9) | | | 180 | | 180 | час. |
| | (в зачетных единицах) | | | 5 | | 5 | ЗЕТ |

**Зачет: не предусмотрен** **Диф. зачет: не предусмотрен**

**Экзамен: 3 семестр**

**Томск (2015)**

Согласована на портале № 5186

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № от «___» _____ 20__ г.

**Лист согласований**

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) по направлению подготовки 11.04.02 – «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ №1403 от 30.10.2014 г., рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС «19» мая 2015 г., протокол № 6.

Разработчик: зав. кафедрой средств радиосвязи (СРС) Мелихов С.В.

Зав. обеспечивающей кафедрой РТС Шарыгин Г.С.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей (выпускающей) кафедрой направления подготовки.

Декан РТФ Попова К.Ю.

Зав. профилирующей (выпускающей) кафедрой ТОР Демидов А.Я.

Эксперты:

Доцент каф. ТОР Богомолов С.И.

Доцент каф. СРС Кологривов В.А.



Согласована на портале № 5186

**1. Цели и задачи дисциплины «Системы мобильной связи» (СМС)**

Рассмотрение особенностей построения и принципов работы современных систем и сетей связи с подвижными объектами; изучение методов расчета частотного плана, параметров пропускной способности и энергетических параметров аппаратуры; обучение студентов комплексному техническому мышлению на примерах разбора принципов построения и работы современных электронных систем и сетей связи с подвижными объектами; ознакомление студентов со стандартами в области современных систем мобильной связи.

**2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы (ОПОП)**

Дисциплина СМС (Б1.В.ДВ.2) является дисциплиной по выбору «базово-вариативной части» учебного плана и ее изучение строится на основе знания студентами комплекса вопросов, изученных (изучаемых) в предшествующих и сопутствующих дисциплинах:

- в дисциплинах: Цифровая обработка сигналов систем связи; Теория электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств и систем; Теория телетрафика; Теория и техника передачи информации; Формирование и обработка сигналов систем связи; Оптические системы связи и обработки информации; Теория построения инфокоммуникационных сетей и систем; Системы радиодоступа.

Дисциплина СМС является одной из ведущих в профессиональной подготовке студентов-магистров – в ней рассматриваются принципы решения вопросов, с которыми магистры направления подготовки 11.04.02 сталкиваются в процессе своей профессиональной деятельности.

**3. Требования к результатам освоения дисциплины**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих общепрофессиональными и профессиональными компетенциями (**ОПК, ПК**):

способностью реализовывать новые принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации (**ОПК-4**);

готовностью учитывать при проведении исследований, проектировании, организации технологических процессов и эксплуатации инфокоммуникационных систем, сетей и устройств мировой опыт в вопросах технического регулирования, метрологического обеспечения и безопасности жизнедеятельности (**ОПК-5**);

готовностью использовать современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии, методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области инфокоммуникационных технологий и систем связи (ИКТиС) (**ПК-8**).

В результате изучения дисциплины студент должен:

***Знать:*** физические основы и технические возможности современных стандартов и технологий мобильной связи; области применения, типы и возможности по качеству услуг, обеспечиваемых различными современными стандартами и технологиями мобильной связи;

***Уметь:*** выбирать на практике тип стандарта и технологии для организации мобильной связи конкретного проекта; разрабатывать и обосновывать соответствующие техническому заданию структурные схемы систем связи и архитектуру соответствующих мобильных сетей с учетом условий их эксплуатации, включая требования экономики, качества предоставляемых услуг, охраны труда и окружающей среды; обоснованно выбирать функциональные блоки систем и сетей связи с учетом требований электромагнитной совместимости, технологичности, удобства и надежности эксплуатации, экономической и спектральной эффективности; осуществлять расчет или обоснованный выбор значений параметров функциональных блоков систем связи на основе результатов анализа требований цена/качество; проводить имитационный или натурный эксперимент по измерению основных характеристик систем и их функциональных блоков;

***Владеть:*** первичными навыками выбора функциональных блоков систем мобильной связи и их объединения для совместной работы при составлении проекта системы, его реализации и технической эксплуатации; навыками планирования и проведения имитационного и аппаратного экспериментов, проводимых для оценки основных характеристик мобильных систем.



Согласована на портале № 5186

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **5** зачетных единицы.

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестры | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| **Аудиторные занятия (всего)** | 60 | | | 60 | |
| В том числе: | - | - | - | - | - |
| Лекции (Л) | 18 | | | 18 | |
| Лабораторные работы (ЛР) | 20 | | | 20 | |
| Практические занятия (ПЗ) | 22 | | | 22 | |
| Семинары (С) | | | | | |
| Коллоквиумы (К) | | | | | |
| Курсовой проект (КП)/(работа, КР) (аудиторная нагрузка) | | | | | |
| *Другие виды аудиторной работы* | | | | | |
| **Самостоятельная работа (всего)** | 84 | | | 84 | |
| В том числе: | - | - | - | - | - |
| Курсовой проект (работа) (самостоятельная работа) | | | | | |
| Расчетно-графические работы | | | | | |
| Реферат | | | | | |
| *Другие виды самостоятельной работы* | | | | | |
| Проработка лекционного материала | 18 | | | 18 | |
| Подготовка к лабораторным работам | 18 | | | 18 | |
| Подготовка к практическим занятиям | 30 | | | 30 | |
| Подготовка к контрольным работам (КтР) | 18 | | | 18 | |
| **Всего без экзамена** | 144 | | | 144 | |
| **Вид промежуточной аттестации (экзамен)** | 36 | | | 36 | |
| Общая трудоемкость, час. | 180 | | | 180 | |
| Зачетные Единицы Трудоемкости (ЗЕТ) | 5 | | | 5 | |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Лекции, час. | Лаборат. занятия, час. | Практич. Занятия, час. | Курсовой П/Р (КСР), час. | СРС (Л+ЛЗ+ПЗ++КтР) , час. (без экзам.) | Всего, час. (без экзам.) | Формируемые компетенции (ОК, ПК) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Принципы построения СМС. Параметры радиоканала. Модели предсказания уровня сигнала СМС. | 2 | 8 | 4 | - | 3+6+5+2=16 | 30 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |
| 2. | Частотно-территориальное планирование СМС. | 2 | - | 4 | - | 3+0+5+5=13 | 19 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |
| 3. | Трафик и емкость СМС. Соединительные радиорелейные линии базовых и центральных станций СМС. | 2 | - | 2 | - | 3+0+5+5=13 | 17 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |
| 4. | Технологии и стандарты СМС. | 8 | 12 | 4 | - | 3+12+5+6=26 | 50 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |
| 5. | Системы персональной спутниковой связи. | 2 | - | 4 | - | 3+0+5+0=8 | 14 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |
| 6. | Основы проектирования СМС. Перспективы развития СМС. | 2 | - | 4 | - | 3+0+5+0=8 | 14 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |
| | Всего | 18 | 20 | 22 | - | 84 | 144 | |



Согласована на портале № 5186

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела | Трудоемкость, час. | Формируемые компетенции (ОК, ПК) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Принципы построения СМС. Параметры радиоканала. Модели предсказания уровня сигнала СМС. | Сети с макросотовой, микросотовой, пикосотовой структурой. Архитектура сетей. Виды станций сети: центральная (ЦС), базовая (БС), мобильная (МС). Центры коммутации, управления и обслуживания. Хэндовер, роуминг. Виды услуг. Модели Окамуры и Окамуры-Хата по предсказанию уровня принимаемого сигнала на длинных трассах. | 2 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |
| 2. | Частотно-территориальное планирование СМС. | Кластер, его размерность, частотные группы. Параметр «Signal Interference Ratio» (SIR), его расчет для однородной сотовой структуры. Частотное планирование. Планы частот: аналоговой системы NMT; цифровой системы GSM. Максимально возможное число одновременно обслуживаемых абонентов в соте. | 2 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |
| 3. | Трафик и емкость СМС. Соединительные радиорелейные линии базовых и центральных станций СМС. | Принцип транкинга. Понятие трафика, расчет его параметров для СМС с использованием модели Эрланга В. Соединительные радиорелейные линии БС и ЦС. Расчет устойчивости связи СМС. | 2 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |
| 4. | Технологии и стандарты СМС. | Технологии множественного доступа (FDMA, TDMA, CDMA. WCDMA). Технологии передачи данных (EDGE, GPRS, HSDPA, MIMO). Стандарты сотовой связи поколений 1G, 2G, 3G, 4G (NMT, CDMA, GSM, CDMA2000, UMTS, LTE). | 8 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |
| 5. | Системы персональной спутниковой связи. | Глобальная связь через искусственные спутники Земли (ИСЗ). Орбитальные конфигурации ИСЗ (LEO, MEO, HEO, GEO). СМС Iridium и Globalstar на основе LEO-ИСЗ, их свойства, зоны обслуживания. | 2 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |
| 6. | Основы проектирования СМС. Перспективы развития СМС. | Основные этапы проектирования СПР. Методы повышения емкости СПР. Перспективы развития СМС. Глобальная информационная система (ГИС), место России в ГИС. | 2 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и сопутствующими дисциплинами

| № п/п | Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | № № разделов данной дисциплины из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | … |
| **Предшествующие дисциплины** | | | | | | | | | | |
| 1. | Цифровая обработка сигналов систем связи | | | + | + | + | + | | | |
| 2. | Теория электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств и систем | + | + | + | + | + | + | | | |
| 3. | Теория телетрафика | | + | + | + | + | + | | | |
| 4. | Теория и техника передачи информации | + | + | + | + | + | + | | | |
| 5. | Формирование и обработка сигналов систем связи | | | | + | | + | | | |
| 6. | Оптические системы связи и обработки информации | | + | + | + | | | | | |
| 7. | Научно-исследовательская работа в семестре | + | + | + | + | + | + | | | |
| **Сопутствующие дисциплины** | | | | | | | | | | |
| 1. | Теория построения инфокоммуникационных сетей и систем | + | + | + | + | + | + | | | |
| 2. | Системы радиодоступа | + | + | + | + | + | + | | | |



Согласована на портале № 5186

### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Перечень компетенций | Виды занятий | | | | | Формы контроля *(детализация)* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Л | ЛР | ПЗ | КР/КП | СРС | |
| ОПК-4 | + | + | + | | + | Конспект, тест на практ. зан., отчет по лаборат. работе |
| ОПК-5 | + | + | + | | + | Конспект, тест на практ. зан., отчет по лаборат. работе |
| ПК-8 | + | + | + | | + | Конспект, тест на практ. зан., отчет по лаборат. работе |

## 6. Методы и формы организации обучения

**Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах**

| Методы / Формы | Лекции, час. | Лабораторные Занятия, час. | Практические занятия, час. | Тренинг Мастер-класс, час. | Всего |
|---|---|---|---|---|---|
| Мини-лекции, тесты | 2 | | 2 | | 4 |
| Работа в команде | | 4 | | | 4 |
| Решение ситуационных задач | | | 2 | | 2 |
| Исследовательский метод | | 2 | | | 2 |
| Итого интерактивных занятий | 2 | 6 | 4 | | 12 |

## 7. Лабораторные работы (20 час.)

| № п/п | № раздела дисциплины из табл. 5.1 | Наименование лабораторных работ | Трудо-емкость, час. | Формируемые компетенции (ОК, ПК) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 1 | Исследование зависимости помехоустойчивости от скорости передачи данных по разноскоростным каналам с одинаковым типом манипуляции | 4 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |
| 2. | 1 | Исследование зависимости помехоустойчивости разноскоростных каналов с разными типами модуляции от скорости передачи данных | | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |
| 3. | 4 | Подавление межсимвольной интерференции эквалайзером | 4 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |
| 4. | 4 | Интерфейсы, терминальное оборудование, структура кадров и формирование сигналов в стандарте GSM | 4 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |
| 5. | 4 | Структура логических каналов управления и алгоритмы функционирования системы GSM | 4 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |

## 8. Практические занятия (22 час.)

| № п/п | № раздела дисциплины из табл. 5.1 | Тематика практических занятий | Трудо-емкость, час. | Формируемые компетенции (ОК, ПК) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 1, 6 | Расчет зон обслуживания передатчиков метровых волн | 4 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |
| 2. | 1, 6 | Модели предсказания уровня сигнала для определения зон обслуживания для сотовых систем подвижной связи | 6 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |
| 3. | 2, 4, 6 | Электромагнитная совместимость и особенности частотного планирования в сотовых системах подвижной связи | 4 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |
| 4. | 3, 4, 6 | Трафик и емкость сотовых систем мобильной связи | 4 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |
| 5. | 5, 6 | Расчет диаграмм уровней персональной спутниковой связи | 4 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 |



Согласована на портале № 5186

**9. Самостоятельная работа (84 час.), самостоятельная работа на подготовку, сдачу экзамена (36 час.)**

| № п/п | № раздела дисциплины из табл. 5.1 | Тематика самостоятельной работы *(детализация)* | Трудо-емкость, час. | Компетенции (ОК, ПК) | Контроль выполнения работы (опрос, тест, дом. задание и т.п.) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | **1-6** | Проработка лекционного материала | 18 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 | Тест контроль |
| 2. | **1, 4** | Подготовка к лабораторным работам и защита отчетов | 18 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 | Защита отчетов |
| 3. | **1-6** | Подготовка к практическим занятиям и выполнение «домашних» заданий по темам, указанным в таблице 8 | 30 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 | Проверка «домашних заданий» |
| 4. | **1-6** | Подготовка к 2-м контрольным работам по темам: «Расчет зон обслуживания радиопередатчиков. Частотно-территориальное планирование сотовых систем»; «Оценка трафика и емкости систем связи. Расчет диаграмм уровней персональной спутниковой связи» | 18 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 | Проверка контрольных работ |
| 5. | **1-6** | Подготовка и сдача экзамена | 36 | ОПК-4; ОПК-5; ПК-8 | Экзамен |

**10. Примерная тематика курсовых проектов (работ) –** (не предусмотрены)

**11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов**

**Таблица 11.1.** Балльные оценки для элементов контроля (зачет, лекции, лабораторные работы)

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| Посещение занятий | 8 | 8 | 2 | **18** |
| Выполнение работ по практическим занятиям | 6 | 4 | 2 | **12** |
| Выполнение и защита результатов лабораторных работ | | 8 | 6 | **14** |
| Контрольные работы на практических занятиях | 8 | 8 | 0 | **16** |
| Компонент своевременности | 4 | 4 | 2 | **10** |
| **Итого за период (макс.)** | **26** | **32** | **12** | **70** |
| Сдача экзамена (макс.) | | | | **30** |
| **Нарастающим итогом** | **26** | **58** | **70** | **100** |

**Таблица 11.2.** Пересчет баллов в оценки за контрольные точки (КТ)

| **Баллы на дату контрольной точки** | **Оценка** |
|---|---|
| ≥ 90 % от максимальной суммы баллов на дату КТ | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 3 |
| < 60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ | 2 |

**Таблица 11.3.** Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| **Оценка (ГОС)** | **Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен** | **Оценка (ECTS)** |
|---|---|---|
| 5 (отлично), (зачтено) | **90 - 100** | A (отлично) |
| 4 (хорошо), (зачтено) | **85 – 89** | B (очень хорошо) |
| | **75 – 84** | C (хорошо) |
| | **70 - 74** | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно), (зачтено) | **65 – 69** | |
| | **60 - 64** | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно), (не зачтено) | **Ниже 60 баллов** | F (неудовлетворительно) |



Согласована на портале № 5186

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. *Основная литература*


1. Галкин В.А. Цифровая мобильная радиосвязь: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 592 с. (40 экз.).


### 12.2. *Дополнительная литература*


2. Иванов В.И., Гордиенко В.Н., Попов Г.Н. и др. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 231 с. (101 экз.).
3. Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С. Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики: Учебное пособие. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 392 с. (42 экз.).
4. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 292 с. (23 экз.).
5. Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами: Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2002. – 440 с. (72 экз.).
6. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Изд. Дом Вильямс, 2004. – 1099 с. (18 экз.).
7. Ратынский Н.В. Основы сотовой связи. – М.: Радио и связь, 2000. – 248 с. (5 экз.).
8. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра: Пер. с англ. / Под ред. В.И. Журавлева. – М.: Радио и связь, 2000. – 520 с. (25 экз.).
9. Карташевский В.Г., Семенов С.Н., Фирстова Т.В. Сети подвижной связи. – М.: Эко-Трендз, 2001. – 302 с. (9 экз.).
10. Весоловский Кшиштоф. Системы подвижной радиосвязи / Пер. с польск. И.Д. Рудинского; под ред. А.И. Ледовского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 536 с. (30 экз.).
11. Крук Б.И., Попантанопуло В.Н., Шувалов В.П. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие в 3-х томах, Т.1. – Современные технологии / Под ред. В.П. Шувалова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 648 с. (17 экз.).
12. Катунин Г.П., Мамчев Г.В., Попантанопуло В.Н., Шувалов В.П. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие в 3-х томах, Т.2. – Радиосвязь, радиовещание, телевидение / Под ред. В.П. Шувалова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 672 с. (72 экз.).
13. Соловьев А.А. Пейджинговая связь. – М.: Эко-Трендз, 2000. – 286 с. (1 экз.).
14. Бонч-Бруевич А.М., Быков В.Л., Кантор Л.Я. и др. Системы спутниковой связи. Учебное пособие для вузов / Под ред. Л.Я. Кантора. – М.: Радио и связь, 1992. – 224 с. (15 экз.).
15. Мелихов С.В. Аналоговое и цифровое радиовещание [Электронный ресурс]: Учебное пособие. Издание второе, исправленное. – Томск: Томский гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 233 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1642).
16. Мелихов С.В. Аналоговое и цифровое радиовещание: Учебное пособие. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2002. – 251 с. (80 экз.).
17. Галкин В.А. Цифровая мобильная радиосвязь: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 432 с. (1 экз.).
18. Столингс В. Беспроводные линии связи и сети. – М.: Изд. Дом Вильямс, 2003. – 638 с. (1 экз.).


### 12.3. *Учебно-методические пособия и программное обеспечение*

#### 12.3.1. *Учебно-методические пособия для практических занятий и самостоятельной работы при подготовке к ним*


19. Мелихов С.В., Титов А.А. Радиовещание, радиосвязь и электроакустика [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и курсовому проектированию для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 49 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1335).
20. Мелихов С.В. Модели предсказания уровня сигнала для определения зон обслуживания базовых станций сотовых систем подвижной радиосвязи [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 18 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/4132).
21. Мелихов С.В. Особенности частотного планирования и электромагнитная совместимость в сотовых системах подвижной радиосвязи [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 13 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/4129).
22. Мелихов С.В.Трафик, емкость и устойчивость связи мобильных сотовых сетей [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования для студентов




Согласована на портале № 5186

радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 13 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/4134).
23. Мелихов С.В. Шумовые характеристики и энергетическая эффективность сотовых систем связи [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 45 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/4163).
24. Мелихов С.В. Радиосвязь на основе шумоподобных сигналов [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по материалам лекционных занятий, практических занятий, для курсового проектирования и самостоятельной работы студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 45 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/4135).

**12.3.2.** ***Учебно-методические пособия для лабораторных занятий и самостоятельной работы при подготовке к ним***

25. Кологривов В.А., Березин Е.А. Исследование зависимости помехоустойчивости от скорости передачи данных по разноскоростным каналам с одинаковым типом манипуляции [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 22 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/4971).
26. Кологривов В.А., Олчейбен Д.Н. Исследование зависимости помехоустойчивости разноскоростных каналов с разными типами модуляции от скорости передачи данных манипуляции [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 38 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/4972).
27. Мелихов С.В. Подавление межсимвольной интерференции эквалайзером [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 28 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1362).
28. Мелихов С.В. Структура логических каналов управления и алгоритмы функционирования системы GSM [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 17 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1370).
29. Мелихов С.В. Интерфейсы, терминальное оборудование, структура кадров и формирование сигналов в стандарте GSM [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 17 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1368).

**12.3.3.** ***Программное обеспечение***

MatLab 6.5; MatLab 7.0; Microsoft Word.

**12.4.** ***Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы*** _____

**13. Материально-техническое обеспечение дисциплины:** компьютерный класс (ауд. 427 РК) – сервер, 7 ПЭВМ; Лаборатория ГПО (ауд. 414а РК) – сервер, 7 ПЭВМ.

**14. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины** (по усмотрению разработчика программы)._____



Согласована на портале № 5186

## 15. Контрольные вопросы, входящие в экзаменационные билеты

1. Особенности построения систем мобильной связи (СМС). Сети с макросотовой, микросотовой, пикосотовой структурой.
2. Виды станций сети: центральная (ЦС), базовая (БС), мобильная (МС). Центры коммутации подвижной связи. Центры управления и обслуживания.
3. Особенности работы мобильных систем: аутентификация абонента, передача (хэндовер) абонента при движении от одной БС к другой БС. Виды и организация услуг, предоставляемых в СМС.
4. Организация линий связи БС-МС, МС-БС. Особенности распространения радиоволн при различном рельефе местности, в городских условиях. Понятия расстояния «прямой видимости»(LOS – Line Of Sight) и отсутствия «прямой видимости» (NLOS – Non Line Of Sight). Быстрые и медленные замирания сигнала. Причины и статистическое описание медленных и быстрых замираний радиосигнала в ССПР.
5. Модели Окамуры и Окамуры-Хата по предсказанию уровня принимаемого сигнала на длинных трассах.
6. Особенности коротких трасс. Модель Уолфиша-Икегами для малых сот.
7. Проблемы электромагнитной совместимости в сотовых сетях. Допустимое отношение сигнал/помеха (сигнал/интерференция) на входе приемника МС.
8. Территориальное планирование. Понятие кластера, частотные группы. Расчет допустимого расстояния между БС с одинаковыми частотными группами в однородной модели сотовой связи. Расчет размерности кластера.
9. Частотное планирование. Диапазоны частот, выделенные для систем подвижной радиосвязи. Планы частот аналоговой системы NMT-450, цифровых систем GSM-900, GSM-1800, GSM-1900 (USA). Число дуплексных каналов. Определение максимального числа одновременно обслуживаемых абонентов в соте.
10. Расчет мощности шума и отношения сигнал/шум на входе приемника МС. Определение отношения сигнал/шум в аналоговом канале.
11. Определение вероятности ошибок в цифровом канале. Связь между вероятностью ошибок и отношением сигнал/шум при использовании в СМС радиосигналов с различными видами модуляции.
12. Влияние частотно-селективных замираний на качество связи. Методы снижения влияния частотных замираний: пространственно-разнесенный прием; передача – прием с использованием медленных скачков по частоте; эквалайзинг.
13. Понятие трафика, средней интенсивности вызовов, средней продолжительности обслуживания, средней интенсивности трафика. Принцип транкинга. Модель Эрланга В с отказами для оценки емкости сотовых систем мобильной связи.
14. Организация соединительных радиорелейных линий (РРЛ). Используемые диапазоны частот. Структурная схема РРЛ. Энергетические параметры РРЛ.
15. Расчет устойчивости связи СМС.
16. Технологии множественного доступа (FDMA, TDMA, CDMA. WCDMA). Принцип совмещенного многостанционного доступа TDMA/FDMA.
17. Технологии передачи данных (EDGE, GPRS, HSDPA, MIMO).
18. Стандарты сотовой связи поколений 1G, 2G, 3G, 4G (NMT, CDMA, GSM, CDMA2000, UMTS, LTE).
19. Цифровой стандарт СМС GSM. Принцип работы, возможности, технические характеристики. Функциональная схема сети связи GSM. Структура служб в СМС GSM.
20. Построение кадра СМС GSM: понятие окна, кадра, мультикадра, суперкадра, их длительности. Типы окон и их структура. Понятие о физическом и частотном канале.
21. Логические каналы трафика и управления СМС GSM. Виды логических каналов связи. Организация логических каналов с полной и половинной скоростью. Организация общих каналов управления и совмещенных каналов управления.
22. Обеспечение безопасности связи в СМС GSM. Аутентификация и идентификация абонента, обеспечение секретности.
23. Структура и технические параметры БС и МС GSM.
24. Радиооборудование и контроллер БС GSM. Состав и работа центра коммутации подвижной связи и центра управления и обслуживания.
25. Понятие орбитальной конфигурации искусственных спутников Земли (ИСЗ) глобальных СМС. Орбиты ИСЗ (LEO, MEO, HEO, GEO) и их характеристики. Зоны обслуживания. Шлюзовые земные станции.
26. Принцип действия и характеристики СМС Iridium и Globalstar.
27. Особенности распространения радиоволн в спутниковом радиоканале. Поглощение энергии сигнала в атмосфере.
28. Энергетический расчет спутниковых систем связи с подвижными объектами. Диаграмма уровней мощности линий связи Земля-ИСЗ, ИСЗ-Земля.
29. Методы повышения емкости СМС. Развитие глобальной информационной системы (ГИС) подвижной связи и перспективных СМС.



Согласована на портале № 5186

**Приложение к рабочей программе**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по УР
П.Е.Троян
_____

"__02__"_____11_____2016 г.

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

# «Системы мобильной связи»

**Уровень основной образовательной программы:** ***магистратура***

**Направление подготовки:** ***11.04.02 – «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»***

**Магистерская программа подготовки:** ***«Инфокоммуникационные системы беспроводного широкополосного доступа»***

**Форма обучения:** ***очная***

**Факультет:** ***РТФ (радиотехнический)***

**Выпускающая кафедра:** ***ТОР (телекоммуникаций и основ радиотехники)***

**Обеспечивающая кафедра:** ***РТС (радиотехнических систем)***

**Курс: 2** **Семестр: 3**

**Учебный план набора 2015 года и последующих лет**

**Зачет: не предусмотрен** **Диф. зачет: не предусмотрен**

**Экзамен: 3 семестр**

**Разработчик** **С.В. Мелихов**

**Томск 2016**



Согласована на портале № 5186

## 1 Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Стандарты и технологии мобильной связи» (СТМС) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций приведен в таблице 1.

**Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций**

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенции |
|---|---|---|
| **ОПК-4** | Способность реализовывать новые принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации. | ***Должен знать:***<br>• физические основы и технические возможности современных стандартов и технологий мобильной связи; области применения, типы и возможности по качеству услуг, обеспечиваемых различными современными стандартами и технологиями мобильной связи.<br><br>***Должен уметь:***<br>• выбирать на практике тип стандарта и технологии для организации мобильной связи конкретного проекта; разрабатывать и обосновывать соответствующие техническому заданию структурные схемы систем связи и архитектуру соответствующих мобильных сетей с учетом условий их эксплуатации, включая требования экономики, качества предоставляемых услуг, охраны труда и окружающей среды; обоснованно выбирать функциональные блоки систем и сетей связи с учетом требований электромагнитной совместимости, технологичности, удобства и надежности эксплуатации, экономической и спектральной эффективности; осуществлять расчет или обоснованный выбор значений параметров функциональных блоков систем связи на основе результатов анализа требований цена/качество; проводить имитационный или натурный эксперимент по измерению основных характеристик систем и их функциональных блоков.<br><br>***Должен владеть:***<br>• первичными навыками выбора функциональных блоков систем мобильной связи и их объединения для совместной работы при составлении проекта системы, его реализации и технической эксплуатации; навыками планирования и проведения имитационного и аппаратного экспериментов, проводимых для оценки основных характеристик мобильных систем. |
| **ОПК-5** | Готовность учитывать при проведении исследований, проектировании, организации технологических процессов и эксплуатации инфокоммуникационных систем, сетей и устройств мировой опыт в вопросах технического регулирования, метрологического обеспечения и безопасности жизнедеятельности. | |
| **ПК-8** | Готовность использовать современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии, методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области инфокоммуникационных технологий и систем связи (ИКТиСС) | |



Согласована на портале № 5186

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ОПК-4: Способность реализовывать новые принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.

**Таблица 2– Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания**

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Содержание этапов** | Знать приемы реализации принципов построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации | Уметь изучать новые принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации | Владеть новыми принципами построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации |
| **Виды занятий** | • Лекции<br>• Практические занятия<br>• Групповые консультации | • Лабораторные работы<br>• Выполнение домашнего задания<br>• Самостоятельная работа студентов | • Лабораторные работы |
| **Используемые средства оценивания** | • Тест<br>• Контрольная работа<br>• Выполнение домашнего задания<br>• Экзамен | • Оформление отчетности и защита лабораторных работ<br>• Оформление и защита домашнего задания | • Защита лабораторных работ<br>• Экзамен |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 3.

**Таблица 3 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам**

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы |
| **Хорошо (базовый уровень)** | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | Обладает базовыми общими знаниями | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | Работает при прямом наблюдении |



Согласована на портале № 5186

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

**Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | Знает все приемы реализации принципов построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации | Умеет быстро и глубоко изучать приемы реализации принципов построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации | Свободно владеет приемами реализации принципов построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации |
| **Хорошо (базовый уровень)** | Знает приемы реализации принципов построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации | Умеет быстро изучать приемы реализации принципов построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации | Владеет приемами реализации принципов построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | Знает основные приемы реализации принципов построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации | Умеет изучать приемы реализации принципов построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации | Частично владеет приемами реализации принципов построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации |

### 2.2 Компетенция ОПК-5: Готовность учитывать при проведении исследований, проектировании, организации технологических процессов и эксплуатации инфокоммуникационных систем, сетей и устройств мировой опыт в вопросах технического регулирования, метрологического обеспечения и безопасности жизнедеятельности.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

**Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания**

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Содержание этапов** | Знать приемы изучения мирового опыта в вопросах технического регулирования, метрологического обеспечения и безопасности жизнедеятельности при проведении исследований, проектировании, организации | Уметь познавать мировой опыт в вопросах технического регулирования, метрологического обеспечения и безопасности жизнедеятельности при проведении исследований, проектировании, организации | Владеть мировым опытом в вопросах технического регулирования, метрологического обеспечения и безопасности жизнедеятельности при проведении исследований, проектировании, организации |



Согласована на портале № 5186

| | | | |
|---|---|---|---|
| | технологических процессов и эксплуатации инфокоммуникационных систем, сетей и устройств (ИССиУ) | технологических процессов и эксплуатации ИССиУ | технологических процессов и эксплуатации ИССиУ |
| **Виды занятий** | • Лекции<br>• Практические занятия<br>• Групповые консультации | • Лабораторные работы<br>• Выполнение домашнего задания<br>• Самостоятельная работа студентов | • Лабораторные работы |
| **Используемые средства оценивания** | • Тест<br>• Контрольная работа<br>• Выполнение домашнего задания<br>• Экзамен | • Оформление отчетности и защита лабораторных работ<br>• Оформление и защита домашнего задания | • Защита лабораторных работ<br>• Экзамен |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 6.

**Таблица 6 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам**

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы |
| **Хорошо (базовый уровень)** | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | Обладает базовыми общими знаниями | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | Работает при прямом наблюдении |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 7.

**Таблица 7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | Знает все приемы изучения мирового опыта в вопросах технического регулирования, метрологического обеспечения и безопасности жизнедеятельности при проведении исследований, проектировании, организации | Умеет быстро изучать мировой опыт в вопросах технического регулирования, метрологического обеспечения и безопасности жизнедеятельности при проведении исследований, проектировании, организации | Свободно владеет мировым опытом в вопросах технического регулирования, метрологического обеспечения и безопасности жизнедеятельности при проведении исследований, проектировании, организации |



Согласована на портале № 5186

| | | | |
|---|---|---|---|
| | технологических процессов и эксплуатации ИССиУ | технологических процессов и эксплуатации ИССиУ | технологических процессов и эксплуатации ИССиУ |
| **Хорошо (базовый уровень)** | Знает приемы изучения мирового опыта в вопросах технического регулирования, метрологического обеспечения и безопасности жизнедеятельности при проведении исследований, проектировании, организации технологических процессов и эксплуатации ИССиУ | Умеет изучать мировой опыт в вопросах технического регулирования, метрологического обеспечения и безопасности жизнедеятельности при проведении исследований, проектировании, организации технологических процессов и эксплуатации ИССиУ | Владеет мировым опытом в вопросах технического регулирования, метрологического обеспечения и безопасности жизнедеятельности при проведении исследований, проектировании, организации технологических процессов и эксплуатации ИССиУ |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | Знает основные приемы изучения мирового опыта в вопросах технического регулирования, метрологического обеспечения и безопасности жизнедеятельности при проведении исследований, проектировании, организации технологических процессов и эксплуатации ИССиУ | В принципе умеет изучать мировой опыт в вопросах технического регулирования, метрологического обеспечения и безопасности жизнедеятельности при проведении исследований, проектировании, организации технологических процессов и эксплуатации ИССиУ | Частично владеет мировым опытом в вопросах технического регулирования, метрологического обеспечения и безопасности жизнедеятельности при проведении исследований, проектировании, организации технологических процессов и эксплуатации ИССиУ |

### 2.3 Компетенция ПК-8: Готовность использовать современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии, методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области инфокоммуникационных технологий и систем связи (ИКТиСС)

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 8.

**Таблица 8 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания**

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Содержание этапов** | Знать приемы использования современных достижений науки и передовых инфокоммуникационных технологий, методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС | Уметь изучать приемы использования современных достижений науки и передовых инфокоммуникационных технологий, методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС | Владеть приемами использования современных достижений науки и передовых инфокоммуникационных технологий, методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области |



Согласована на портале № 5186

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | ИКТиСС |
| **Виды занятий** | • Лекции<br>• Практические занятия<br>• Групповые консультации | • Лабораторные работы<br>• Выполнение домашнего задания<br>• Самостоятельная работа студентов | • Лабораторные работы |
| **Используемые средства оценивания** | • Тест<br>• Контрольная работа<br>• Выполнение домашнего задания<br>• Экзамен | • Оформление отчетности и защита лабораторных работ<br>• Оформление и защита домашнего задания | • Защита лабораторных работ<br>• Экзамен |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 9.

**Таблица 9 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам**

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы |
| **Хорошо (базовый уровень)** | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | Обладает базовыми общими знаниями | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | Работает при прямом наблюдении |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 10.

**Таблица 10 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | Знает все приемы использования современных достижений науки и передовых инфокоммуникационных технологий, методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС | Умеет быстро изучать приемы использования современных достижений науки и передовых инфокоммуникационных технологий, методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС | Свободно владеет приемами использования современных достижений науки и передовых инфокоммуникационных технологий, методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС |



Согласована на портале № 5186

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Хорошо (базовый уровень)** | Знает приемы использования современных достижений науки и передовых инфокоммуникационных технологий, методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС | Умеет изучать приемы использования современных достижений науки и передовых инфокоммуникационных технологий, методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС | Владеет приемами использования современных достижений науки и передовых инфокоммуникационных технологий, методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | Знает основные приемы использования современных достижений науки и передовых инфокоммуникационных технологий, методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС | В принципе изучать приемы использования современных достижений науки и передовых инфокоммуникационных технологий, методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС | Частично владеет приемами использования современных достижений науки и передовых инфокоммуникационных технологий, методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС |

## 3 Формы контроля усвоения материала дисциплины и формирования компетенций

Для контроля усвоения материала дисциплины и формирования компетенций используются экспресс-опрос на лекциях и практических занятиях, лабораторные задания, домашние задания по практическим занятиям и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

## 4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения, подготовки к практическим, лабораторным занятиям и самостоятельной работы используются методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, в следующем составе.

### 4.1. Основная литература


1. Галкин В.А. Цифровая мобильная радиосвязь: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 592 с. (40 экз.).


### 4.2. Дополнительная литература


2. Иванов В.И., Гордиенко В.Н., Попов Г.Н. и др. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 231 с. (101 экз.).
3. Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С. Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики: Учебное пособие. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 392 с. (42 экз.).
4. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 292 с. (23 экз.).
5. Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами: Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2002. – 440 с. (72 экз.).
6. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Изд. Дом Вильямс, 2004. – 1099 с. (18 экз.).
7. Ратынский Н.В. Основы сотовой связи. – М.: Радио и связь, 2000. – 248 с. (5 экз.).




Согласована на портале № 5186

8. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра: Пер. с англ. / Под ред. В.И. Журавлева. – М.: Радио и связь, 2000. – 520 с. (25 экз.).
9. Карташевский В.Г., Семенов С.Н., Фирстова Т.В. Сети подвижной связи. – М.: Эко-Трендз, 2001. – 302 с. (9 экз.).
10. Весоловский Кшиштоф. Системы подвижной радиосвязи / Пер. с польск. И.Д. Рудинского; под ред. А.И. Ледовского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 536 с. (30 экз.).
11. Крук Б.И., Попантанопуло В.Н., Шувалов В.П. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие в 3-х томах, Т.1. – Современные технологии / Под ред. В.П. Шувалова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 648 с. (17 экз.).
12. Катунин Г.П., Мамчев Г.В., Попантанопуло В.Н., Шувалов В.П. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие в 3-х томах, Т.2. – Радиосвязь, радиовещание, телевидение / Под ред. В.П. Шувалова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 672 с. (72 экз.).
13. Соловьев А.А. Пейджинговая связь. – М.: Эко-Трендз, 2000. – 286 с. (1 экз.).
14. Бонч-Бруевич А.М., Быков В.Л., Кантор Л.Я. и др. Системы спутниковой связи. Учебное пособие для вузов / Под ред. Л.Я. Кантора. – М.: Радио и связь, 1992. – 224 с. (15 экз.).
15. Мелихов С.В. Аналоговое и цифровое радиовещание [Электронный ресурс]: Учебное пособие. Издание второе, исправленное. – Томск: Томский гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 233 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1642).
16. Мелихов С.В. Аналоговое и цифровое радиовещание: Учебное пособие. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2002. – 251 с. (80 экз.).
17. Галкин В.А. Цифровая мобильная радиосвязь: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 432 с. (1 экз.).
18. Столингс В. Беспроводные линии связи и сети. – М.: Изд. Дом Вильямс, 2003. – 638 с. (1 экз.).

### 4.3 Учебно-методические пособия для практических занятий и самостоятельной работы при подготовке к ним

19. Мелихов С.В., Титов А.А. Радиовещание, радиосвязь и электроакустика [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и курсовому проектированию для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 49 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1335).
20. Мелихов С.В. Модели предсказания уровня сигнала для расчета зон обслуживания базовых станций систем мобильной связи [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 18 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/4132).
21. Мелихов С.В. Частотное планирование и электромагнитная совместимость систем мобильной связи [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 13 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/4129).
22. Мелихов С.В.Трафик, емкость и устойчивость систем мобильной связи [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 13 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/4134).
23. Мелихов С.В. Мобильная радиосвязь: шумовые характеристики, спектральная и энергетическая эффективность, сбалансированный дуплекс [Электронный ресурс]: Учебное пособие для лекционных и практических занятий, курсового проектирования, самостоятельной работы студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 51 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/5113).
24. Мелихов С.В. Радиосвязь на основе шумоподобных сигналов (Часть 1) [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по материалам лекционных занятий, практических занятий, для курсового проектирования и самостоятельной работы студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 32 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/4135).

### 4.4 Учебно-методические пособия для лабораторных занятий и самостоятельной работы при подготовке к ним и написания отчетов

25. Кологривов В.А., Березин Е.А. Исследование зависимости помехоустойчивости от скорости передачи данных по разноскоростным каналам с одинаковым типом манипуляции [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 22 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/4971).
26. Кологривов В.А., Олчейбен Д.Н. Исследование зависимости помехоустойчивости разноскоростных каналов с разными типами модуляции от скорости передачи данных манипуляции [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 38 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/4972).



Согласована на портале № 5186

27. Мелихов С.В. Подавление межсимвольной интерференции эквалайзером [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 28 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1362).
28. Мелихов С.В. Структура логических каналов управления и алгоритмы функционирования системы GSM [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 17 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1370).
29. Мелихов С.В. Интерфейсы, терминальное оборудование, структура кадров и формирование сигналов в стандарте GSM [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 17 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1368).

### 4.5 Контрольные вопросы для проверки знаний по дисциплине, входящие в экзаменационные билеты

1. Особенности построения систем мобильной связи (СМС). Сети с макросотовой, микросотовой, пикосотовой структурой.
2. Виды станций сети: центральная (ЦС), базовая (БС), мобильная (МС). Центры коммутации подвижной связи. Центры управления и обслуживания.
3. Особенности работы мобильных систем: аутентификация абонента, передача (хэндовер) абонента при движении от одной БС к другой БС. Виды и организация услуг, предоставляемых в СМС.
4. Организация линий связи БС-МС, МС-БС. Особенности распространения радиоволн при различном рельефе местности, в городских условиях. Понятия расстояния «прямой видимости»(LOS – Line Of Sight) и отсутствия «прямой видимости» (NLOS – Non Line Of Sight). Быстрые и медленные замирания сигнала. Причины и статистическое описание медленных и быстрых замираний радиосигнала в ССПР.
5. Модели Окамуры и Окамуры-Хата по предсказанию уровня принимаемого сигнала на длинных трассах.
6. Особенности коротких трасс. Модель Уолфиша-Икегами для малых сот.
7. Проблемы электромагнитной совместимости в сотовых сетях. Допустимое отношение сигнал/помеха (сигнал/интерференция) на входе приемника МС.
8. Территориальное планирование. Понятие кластера, частотные группы. Расчет допустимого расстояния между БС с одинаковыми частотными группами в однородной модели сотовой связи. Расчет размерности кластера.
9. Частотное планирование. Диапазоны частот, выделенные для систем подвижной радиосвязи. Планы частот аналоговой системы NMT-450, цифровых систем GSM-900, GSM-1800, GSM-1900 (USA). Число дуплексных каналов. Определение максимального числа одновременно обслуживаемых абонентов в соте.
10. Расчет мощности шума и отношения сигнал/шум на входе приемника МС. Определение отношения сигнал/шум в аналоговом канале.
11. Определение вероятности ошибок в цифровом канале. Связь между вероятностью ошибок и отношением сигнал/шум при использовании в СМС радиосигналов с различными видами модуляции.
12. Влияние частотно-селективных замираний на качество связи. Методы снижения влияния частотных замираний: пространственно-разнесенный прием; передача – прием с использованием медленных скачков по частоте; эквалайзинг.
13. Понятие трафика, средней интенсивности вызовов, средней продолжительности обслуживания, средней интенсивности трафика. Принцип транкинга. Модель Эрланга В с отказами для оценки емкости сотовых систем мобильной связи.
14. Организация соединительных радиорелейных линий (РРЛ). Используемые диапазоны частот. Структурная схема РРЛ. Энергетические параметры РРЛ.
15. Расчет устойчивости связи СМС.
16. Технологии множественного доступа (FDMA, TDMA, CDMA. WCDMA). Принцип совмещенного многостанционного доступа TDMA/FDMA.
17. Технологии передачи данных (EDGE, GPRS, HSDPA, MIMO).
18. Стандарты сотовой связи поколений 1G, 2G, 3G, 4G (NMT, CDMA, GSM, CDMA2000, UMTS, LTE).
19. Цифровой стандарт СМС GSM. Принцип работы, возможности, технические характеристики. Функциональная схема сети связи GSM. Структура служб в СМС GSM.
20. Построение кадра СМС GSM: понятие окна, кадра, мультикадра, суперкадра, их длительности. Типы окон и их структура. Понятие о физическом и частотном канале.
21. Логические каналы трафика и управления СМС GSM. Виды логических каналов связи. Организация логических каналов с полной и половинной скоростью. Организация общих каналов управления и совмещенных каналов управления.
22. Обеспечение безопасности связи в СМС GSM. Аутентификация и идентификация абонента, обеспечение секретности.
23. Структура и технические параметры БС и МС GSM.
24. Радиооборудование и контроллер БС GSM. Состав и работа центра коммутации подвижной связи и центра управления и обслуживания.



Согласована на портале № 5186

25. Понятие орбитальной конфигурации искусственных спутников Земли (ИСЗ) глобальных СМС. Орбиты ИСЗ (LEO, MEO, HEO, GEO) и их характеристики. Зоны обслуживания. Шлюзовые земные станции.
26. Принцип действия и характеристики СМС Iridium и Globalstar.
27. Особенности распространения радиоволн в спутниковом радиоканале. Поглощение энергии сигнала в атмосфере.
28. Энергетический расчет спутниковых систем связи с подвижными объектами. Диаграмма уровней мощности линий связи Земля-ИСЗ, ИСЗ-Земля.
29. Методы повышения емкости СМС. Развитие глобальной информационной системы (ГИС) подвижной связи и перспективных СМС.

### 4.6 Типовые задачи для практических занятий (полный комплект задач для практических занятий см. в [19 – 23])

1. С использованием модели Окамуры рассчитать усредненную медианную мощность сигнала (УММС) в антенне мобильной станции (МС) от базовой станции (БС) системы сотовой телефонии NMT на расстояниях $1км$, $3км$, $5км$, $10км$; $20км$; $30км$ для квазигладкого городского района, если: высота антенны БС $h_{БС} = 50м$; высота антенны мобильной станции (МС) $h_{МС} = 1{,}5м$; мощность передатчика БС $P_{БС} = 4\ Вт$; коэффициенты усиления антенн БС и МС $G_{БС} = 6дБ$, $G_{МС} = 0дБ$; потери в фидере БС $\eta_{БС} = 1дБ$; частота передаваемого сигнала $f = 460МГц$.

Ответы: -105,7; -121,0; -128,1; -138,7; -153,3; -168,8 [*дБВт*].

2. Определите отношение сигнал/интерференция в однородной сети мобильной связи для квазигладкого города, если коэффициент затухания радиоволн $n = 4$, а размерность кластера $N_{кл} = 3$.

Ответ: 9,24 дБ.

3. Определить число абонентов, которое может быть обслужено сотовой системой связи NMT-450 при вероятности отказа из-за занятости всех каналов $5\%$, если: система имеет 20 базовых станций, у каждой из которых 20 частотных каналов; средняя продолжительность разговора абонентов $\langle T \rangle = 3мин$; каждый абонент делает в среднем 1 вызов за 2 часа.

Ответ: приблизительно 12240 абонентов.

4. Рассчитать допустимое ослабление мощности радиоволны на трассе распространения, радиус зоны обслуживания базовой станции (БС) для «квазигладкого пригорода», реальную чувствительность приемника мобильной станции (МС), реальную чувствительность приемника базовой станции (БС), оптимальную мощность передатчика БС системы *GSM* (*Global System for Mobile*), работающих в частотном диапазоне (890-960) МГц если: необходимое отношение средней мощности сигнала к средней мощности шума на выходе радиотрактов приемников МС и БС $\gamma_{\text{вых РТ МС}} = \gamma_{\text{вых РТ БС}} = 13$ дБ; коэффициент шума усилителя-селектора приемника МС $N_{\text{УС МС}} = 4$ дБ; коэффициент шума усилителя-селектора приемника БС $N_{\text{УС БС}} = 3$ дБ; максимальная мощность передатчика МС $P_{\text{МС макс}} = 0$ дБВт; высота антенны МС $h_{\text{МС}} = 1{,}5$м; высота антенны БС $h_{\text{БС}} = 30$м; полоса пропускания приемников МС и БС $B_{RF} = 200$ кГц; потери мощности радиосигнала в комбайнере и в фидере БС в режимах передачи и приема $\eta_{\text{п К БС}} = \eta_{\text{пр К БС}} = 3$ дБ, $\eta_{\text{п Ф БС}} = \eta_{\text{пр Ф БС}} = 1$ дБ; фидер в МС отсутствует; коэффициенты усиления антенн БС и МС для режимов передачи и приема одинаковы: $G_{\text{п БС}} = G_{\text{пр БС}} = 6$дБ; $G_{\text{п МС}} = G_{\text{пр МС}} = 0$дБ.

Ответить на вопрос: почему чувствительность приемника БС хуже, чем чувствительность приемника МС?

Ответы:

$P_{\text{с вх 0 МС}} \approx -134$ дБВт; $P_{\text{с вх 0 БС}} \approx -131$ дБВт; $P_{\text{БС опт}} \approx 1$ дБВт; $L_p \approx 137$дБ; $r \approx 3{,}44$км.



Согласована на портале № 5186