**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**

**_____ П.Е. Троян**

«_25__» _____04_____ 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

# «Сети и системы мобильной связи»

**Уровень основной образовательной программы:** ***академический бакалавриат***

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

**Профиль:** ***Системы мобильной связи***

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

**Курсы: 4** **Семестры: 7, 8**

**Учебные планы набора 2013, 2014, 2015 гг.**

**Распределение рабочего времени**

| № | Виды учебной работы | Семестр 7 | Семестр 8 | | | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Лекции (Л) | 32 | | | | 32 | час. |
| 2. | Лабораторные работы (ЛР) | 24 | | | | 24 | час. |
| 3. | Практические занятия (ПЗ) | 24 | 14 | | | 38 | час. |
| 4. | Курсовой проект - контроль самостоятельной работы (КП-КСР) студентов (аудиторный) | | 10 | | | 10 | час. |
| 5. | Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4) | 80 | 24 | | | 104 | час. |
| 6. | Из них в интерактивной форме | 21 | | | | 21 | час. |
| 7. | Самостоятельная работа (СР) студентов | 100 | 48 | | | 148 | час. |
| 8. | Всего (без экзамена) (Сумма 5,7) | 180 | 72 | | | 252 | час. |
| 9. | СР на подготовку и сдачу экзамена | 36 | | | | 36 | час. |
| 10. | Общая трудоемкость (Сумма 8,9) | 216 | 72 | | | 288 | час. |
| | (в зачетных единицах) | 6 | 2 | | | 8 | ЗЕТ |

**Зачет: 8 семестр** **Диф. зачет: 8 семестр**

**Экзамен: 7 семестр**

**Томск 2016**

Согласована на портале № 5105

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



**Лист согласований**

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», утвержденного приказом Минобрнауки России №174 от 06.03.2015 г.,
рассмотрена и одобрена на заседании кафедры радиотехнических систем (РТС) 20 апреля 2016 г., протокол № 7.

Разработчик: зав. кафедрой РТС Мелихов С.В.

Зав. обеспечивающей и выпускающей кафедрой РТС Мелихов С.В.

Рабочая программа согласована с факультетом и профилирующей кафедрой направления подготовки.

Декан РТФ Попова К.Ю.

Зав. профилирующей кафедрой ТОР Демидов А.Я.

Эксперт:

Доцент кафедры РТС Кологривов В.А.

Согласована на портале № 5105

**1. Цели и задачи дисциплины «Сети и системы мобильной связи» (ССМС)**

Цели дисциплины: изучение студентами особенностей построения и принципов работы современных сетей и систем связи с подвижными объектами; изучение методов расчета частотного плана, параметров пропускной способности и энергетических параметров аппаратуры, изучение методов проектирования различных сетей и систем связи и на основе типовой аппаратуры

Задачи дисциплины: обучение студентов комплексному техническому мышлению на примерах разбора принципов построения и работы современных электронных сетей и систем связи с подвижными объектами; ознакомление студентов со стандартами в области современных систем мобильной связи; формирование профессиональных компетенций по направлению подготовки в соответствии с требованиями «Основной профессиональной образовательной программы» (ОПОП).

**2. Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина ССМС является обязательной дисциплиной вариативной части блока Б1 учебного плана (Б1.В.ОД.11) и ее изучение строится на основе знания студентами комплекса вопросов, изученных в дисциплинах: Теория вероятностей и математическая статистика; Математические методы описания сигналов; Статистическая теория инфокоммуникационных систем; Общая теория связи; Вычислительная техника; Цифровая обработка сигналов; Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей; Электромагнитные поля и волны; Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства систем мобильной связи; Радиопередающие устройства систем мобильной связи; Радиоприемные устройства систем мобильной связи; Радиоавтоматика; Теоретические основы систем мобильной связи.

Знания, полученные при изучении дисциплины ССМС, должны способствовать овладению материалами последующих дисциплин: Системы мобильной связи на основе шумоподобных сигналов; Информационные технологии; Устройства преобразования и обработки информации систем мобильной связи.

Дисциплина ССМС является одной из ведущих в профессиональной подготовке студентов-бакалавров – в ней рассматриваются принципы решения вопросов, которые возникают перед бакалаврами направления подготовки 11.03.02 по профилю «Системы мобильной связи» в процессе их профессиональной деятельности.

**3. Требования к результатам освоения дисциплины**

**Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:**

готовностью к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам (**ПК-12**);

умением осуществлять первичный контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации национальным и международным стандартам и техническим регламентам (**ПК-14**).

**В результате изучения дисциплины студент должен:**

***Знать:*** принципы работы и особенности организации современных систем мобильной систем связи, способы оценки размеров зон обслуживания базовых станций, особенности частотного планирования, способы расчета электромагнитной совместимости и оценки трафика в кластере базовых станций;

основные стандарты мобильной связи.

***Уметь:*** применять на практике методы анализа и расчета основных характеристик систем мобильной связи;

на основе технических характеристик имеющейся аппаратуры разрабатывать и внедрять соответствующую техническому заданию структуру кластера системы мобильной связи с учетом экологической безопасности;

проводить натурный эксперимент по измерению основных характеристик базовых и мобильных станций.

***Владеть:*** первичными навыками настройки и регулировки аппаратуры систем мобильной связи при производстве, установке и технической эксплуатации.

Согласована на портале № 5105

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **8** зачетных единицы.

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестры | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 | 8 | | |
| **Аудиторные занятия (всего)** | 104 | 80 | 24 | | |
| В том числе: | - | - | - | - | - |
| Лекции (Л) | 32 | 32 | | | |
| Лабораторные работы (ЛР) | 24 | 24 | | | |
| Практические занятия (ПЗ) | 38 | 24 | 14 | | |
| Семинары (С) | | | | | |
| Коллоквиумы (К) | | | | | |
| Курсовой проект - контроль самостоятельной работы (КП-КСР) студентов (аудиторный) | 10 | | 10 | | |
| *Другие виды аудиторной работы* | | | | | |
| **Самостоятельная работа (всего)** | 148 | 100 | 48 | | |
| В том числе: | - | - | - | - | - |
| Курсовой проект (самостоятельная работа) | 48 | | 48 | | |
| Расчетно-графические работы | | | | | |
| Реферат | | | | | |
| *Другие виды самостоятельной работы* | | | | | |
| Проработка лекционного материала | 32 | 32 | | | |
| Подготовка к ЛР, составление и защита отчета | 24 | 24 | | | |
| Подготовка к ПЗ | 24 | 24 | | | |
| Подготовка к контрольным работам (КтР) | 20 | 20 | | | |
| | | | | | |
| **Вид промежуточной аттестации (экзамен)** | 36 | 36 | | | |
| Общая трудоемкость, час. | 288 | 216 | 72 | | |
| Зачетные Единицы Трудоемкости (ЗЕТ) | 8 | 6 | 2 | | |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Лекции, час. (7 семесттр) | Лаборат. работы, час. (7 семестр) | Практич. занятия, час. (7 семестр) | Практич. занятия, час. (8 семестр) | Курсовой проект (КСР), час. (8 семестр) | СР (Л+ЛЗ+ПЗ++КтР+КП), час. (без экзам.) | Всего, час. (без экзам.) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | История развития систем мобильной связи (СМС). Методы множественного доступа в СМС | 2 | | | | | 2+0+0+0+2 = 6 | 8 | ПК-12; ПК-14 |
| 2 | Общие принципы построения СМС | 2 | | | 2 | 1 | 2+0+2+0+4 = 10 | 15 | ПК-12; ПК-14 |
| 3 | Параметры радиоканала. Модели предсказания уровня сигнала для СМС | 2 | | 8 | 2 | 2 | 2+0+6+4+8 = 26 | 40 | ПК-12; ПК-14 |
| 4 | Методы частотно-территориального планирования СМС | 2 | | 4 | 2 | 1 | 2+0+2+4+8 = 22 | 31 | ПК-12; ПК-14 |
| 5 | Виды цифровой | 4 | 8 | | 2 | 1 | 4+8+2+0+6 | 33 | ПК-12; ПК-14 |

Согласована на портале № 5105

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | манипуляции | | | | | | = 18 | | |
| 6 | Расчет линий СМС при заданном качестве | 4 | | 4 | 2 | 2 | 4+0+4+4+6 = 16 | 28 | ПК-12; ПК-14 |
| 7 | Трафик и емкость сотовых СМС | 4 | | 4 | 2 | 2 | 4+0+4+4+6 = 16 | 28 | ПК-12; ПК-14 |
| 8 | Соединительные линии (СЛ) базовых и центральных станций, устойчивость соединения в СМС | 4 | | | 2 | 1 | 4+0+2+4+4 = 10 | 17 | ПК-12; ПК-14 |
| 9 | СМС стандарта GSM. Особенности других стандартов. | 6 | 16 | | | | 6+16+0+0+4 = 18 | 40 | ПК-12; ПК-14 |
| 10 | Системы персональной спутниковой связи | 2 | | 4 | | | 2+0+2+0+0 = 6 | 12 | ПК-12; ПК-14 |
| Всего | | 32 | 24 | 24 | 14 | 10 | 148 | 252 | |

**5.2. Содержание разделов дисциплины по лекциям (Л, 32 час.)**

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела | Трудо-емкость, час. | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|
| 1 | История развития систем мобильной связи (СМС). Методы множественного доступа в СМС | Объем, содержание, виды занятий и формы отчетности по дисциплине.<br>Системы подвижной связи первого, второго, третьего и четвертого поколений (1G, 2G, 2,5G, 3G, 4G). Их особенности и технические параметры.<br>Множественных доступов с частотным (FDMA), с временным (TDMA), с кодовым (CDMA) разделением каналов. Совмещенные множественные доступы. | 2 | ПК-12; ПК-14 |
| 2 | Общие принципы построения СМС | Сети с макросотовой, микросотовой и пикосотовой структурой.<br>Сведения о международных, федеральных и региональных стандартах на СМС.<br>Виды станций сети: центральная (ЦС), базовая (БС), мобильная (МС).<br>Центры коммутации подвижной связи. Центры управления и обслуживания.<br>Аутентификация, хэндовер, роуминг абонента в СМС.<br>Виды услуг, предоставляемых в сетях СМС. | 2 | ПК-12; ПК-14 |
| 3 | Модели предсказания уровня сигнала для СМС | Особенности распространения радиоволн при различном рельефе местности. Быстрые и медленные замирания сигнала при движении МС.<br>Модели Окамуры, Окамуры-Хата и Уолфиша-Икегами по предсказанию уровня сигнала в больших и малых сотах. | 2 | ПК-12; ПК-14 |
| 4 | Методы частотно-территориального планирования СМС | Проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС). Территориальное планирование. Кластер и его размерность, частотные группы кластера.<br>Параметр «Signal Interference Ratio» (SIR), его расчет.<br>Частотное планирование. Планы частот: аналоговой системы NMT, цифровой системы GSM. Определение максимального числа обслуживаемых абонентов в соте. | 2 | ПК-12; ПК-14 |
| 5 | Виды цифровой манипуляции | Дифференциальная (относительная) бинарная фазовая манипуляция (DBPSK).<br>Квадратурная фазовая манипуляция (QPSK).<br>Дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция | 4 | ПК-12; ПК-14 |

Согласована на портале № 5105

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | (DQPSK).<br>Дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция со сдвигом П/4 (П/4 QPSK).<br>Манипуляция с минимальным сдвигом (MSK).<br>Гауссовская манипуляция с минимальным сдвигом (GMSK).<br>Квадратурная амплитудная модуляция (QAM).<br>Когерентная и некогерентная демодуляция различных видов манипуляции. | | |
| 6 | Расчет линий СМС при заданном качестве | Прямой и обратный каналы связи. Оценка чувствительности приемника МС и коэффициента шума БС с учетом внешних и внутренних шумов.<br>Качество цифровой радиосвязи. Пропускная способность цифрового канала связи. Полоса Найквиста. Предел Шеннона. Эффективность использования радиополосы при различных видах манипуляции. | 4 | ПК-12; ПК-14 |
| 7 | Трафик и емкость сотовых СМС | Понятие трафика. Расчет основных параметров трафика сети: средней интенсивности вызовов, средней продолжительности обслуживания, средней интенсивности трафика.<br>Модель Эрланга В с отказами для оценки емкости СМС. | 4 | ПК-12; ПК-14 |
| 8 | Соединительные линии (СЛ) базовых и центральных станций, устойчивость соединения в СМС | Организация радиорелейных и оптоволоконных СЛ.<br>Структурная схема СЛ.<br>Расчет устойчивости соединения для СМС. | 4 | ПК-12; ПК-14 |
| 9 | СМС стандарта GSM. Особенности других стандартов. | Функциональная схема сети GSM, службы, технические параметры БС и МС. Радиооборудование и контроллер БС. FDMA/TDMA доступ. Окно, кадр, мультикадр, суперкадр. Частотные, физические, логические каналы. Каналы синхронизации и управления.<br>Аутентификация и идентификация абонента.<br>Транковые системы связи. Возможности, технические характеристики.<br>Аналоговый стандарт СМС NMT. Возможности, технические характеристики.<br>Достоинства цифровых стандартов. | 6 | ПК-12; ПК-14 |
| 10 | Системы персональной спутниковой связи. Перспективы развития СМС | Понятие орбитальной конфигурации искусственных спутников Земли (ИСЗ). Орбиты ИСЗ (LEO, MEO, HEO, GEO). Глобальная связь через ИСЗ, зоны обслуживания. Характеристики систем Iridium и Globalstar.<br>Особенности распространения радиоволн в спутниковом радиоканале.<br>Методы повышения емкости СМС.<br>Глобальная информационная система (ГИС), место России в ГИС. | 2 | ПК-12; ПК-14 |

**5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами**

| № п/п | Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | № № разделов данной дисциплины из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) дисциплин, а также использование полученных знаний по дисциплине РУСМС в обеспечиваемых (последующих) дисциплинах | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| **Предыдущие дисциплины** | | | | | | | | | | | |
| 1 | Теория вероятностей и математическая статистика | | | + | | | + | + | | | |
| 2 | Математические методы описания сигналов | + | | | + | + | | | + | | + |
| 3 | Статистическая теория инфокоммуникационных систем | | | + | | | + | + | | | |
| 4 | Общая теория связи | + | + | + | + | + | + | + | | + | + |
| 5 | Вычислительная техника | | | | | | + | | | | |

Согласована на портале № 5105

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Цифровая обработка сигналов | | | | | + | | | | + | |
| 7 | Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей | + | + | | + | | | + | + | + | + |
| 8 | Электромагнитные поля и волны | | + | | | | + | | + | + | + |
| 9 | Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства систем мобильной связи | | + | | | | + | | + | + | + |
| 10 | Радиопередающие устройства систем мобильной связи | | + | + | + | + | | | + | | + |
| 11 | Радиоприемные устройства систем мобильной связи | | + | + | + | + | + | | + | + | + |
| 12 | Радиоавтоматика | | | | | + | | | | + | |
| 13 | Теоретические основы систем мобильной связи | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| **Последующие дисциплины** | | | | | | | | | | | |
| 1 | Системы мобильной связи на основе шумоподобных сигналов | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 2 | Информационные технологии | + | + | | | | | | | + | |
| 3 | Устройства преобразования и обработки информации систем мобильной связи | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

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

| Перечень компетенций | Виды занятий | | | | | Формы контроля *(детализация)* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Л | ЛР | ПЗ | КП | СР | |
| ПК-12, ПК-14 | + | + | + | + | + | Проверка конспекта Л; проверка ДЗ, тесты и КтР на ПЗ; проверка отчетов по ЛР; проверка рабочей тетради по КП |

Л – лекции; ПЗ – практические и семинарские занятия; ЛР – лабораторные работы;
КП – курсовой проект; ДЗ – домашние задания; КтР– контрольные работы; СР – самостоятельная работа студента

**6. Методы и формы организации обучения**

**Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах (21 час.)**

| Методы / Формы | Лекции, час. | Лабораторные работы, час. | Практические занятия, час. | Тренинг Мастер-класс, час. | Всего |
|---|---|---|---|---|---|
| Мини-лекции, тесты | | | 5 | | 5 |
| Работа в команде | | 3 | | | 3 |
| Решение ситуационных задач | 6 | | 5 | | 11 |
| Исследовательский метод | | 2 | | | 2 |
| Итого интерактивных занятий | 6 | 5 | 10 | | 21 |

**7. Лабораторные работы (ЛР, 24 час.)**

| № п/п | № раздела дисциплины из табл. 5.1 | Наименование лабораторных работ | Трудо-емкость, час. | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Исследование технологии FDMA. | 4 | ПК-12; ПК-14 |
| 2 | 5 | Исследование MSK модема (классический вариант и вариант с фазовым кодером). | 4 | ПК-12; ПК-14 |
| 3 | 2, 4, 9 | Система сотовой связи стандарта GSM-900. | 4 | ПК-12; ПК-14 |
| 4 | 2, 4, 9 | Структура логических каналов управления и алгоритмы функционирования системы GSM. | 4 | ПК-12; ПК-14 |
| 5 | 2, 4, 9 | Интерфейсы, терминальное оборудование, структура кадров и формирование сигналов в стандарте GSM. | 4 | ПК-12; ПК-14 |
| 6 | 2, 4, 9 | Подавление межсимвольной интерференции эквалайзером. | 4 | ПК-12; ПК-14 |

Согласована на портале № 5105

**8. Практические занятия (ПЗ, 24 час. – 7 семестр, 14 час. – 8 семестр)**

| № п/п | № раздела дисциплины из табл. 5.1 | Тематика практических занятий | Трудо-емкость, час. | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1, 2, 3 | Расчет зон обслуживания передатчиков метровых волн. | 4 | ПК-12; ПК-14 |
| 2 | 1, 2, 3 | Модели предсказания уровня сигнала для определения зон обслуживания для сотовых систем подвижной связи. | 4 | ПК-12; ПК-14 |
| 3 | 4 | Электромагнитная совместимость и особенности частотного планирования в сотовых системах подвижной связи. | 4 | ПК-12; ПК-14 |
| 4 | 6 | Шумовые характеристики и энергетическая эффективность сотовых систем связи при различных видах модуляции. | 6 | ПК-12; ПК-14 |
| 5 | 7 | Трафик и емкость сотовых систем мобильной связи. | 4 | ПК-12; ПК-14 |
| 6 | 10 | Расчет диаграмм уровней персональной спутниковой связи. | 2 | ПК-12; ПК-14 |
| **Всего ПЗ в 7 семестре** | | | 24 | |
| 7 | 1-10 | Анализа требований технического задания (ТЗ) на проектирование СМС. Выбор недостающих исходных данных для проектирования. | 2 | ПК-12; ПК-14 |
| 8 | 1-10 | Проектирование и расчет СМС с заданными параметрами качества. | 12 | ПК-12; ПК-14 |
| **Всего ПЗ в 8 семестре** | | | 14 | |

**9. Курсовой проект - контроль самостоятельной работы (КП-КСР) студентов (аудиторный) (10 час.) (8 семестр)**

| № п/п | № раздела дисциплины из табл. 5.1 | Этапы курсового проектирования | Трудо-емкость, час. | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1-10 | Согласование с преподавателем выбранных недостающих исходных данных для проектирования СМС в соответствии с конкретным ТЗ. | 1 | ПК-12; ПК-14 |
| 2 | 1-10 | Согласование с преподавателем и корректировка выбранной структурной схемы проектируемой СМС и расчетов ее технических параметров: плана рабочих частот, чувствительности мобильной станции, радиусов зон обслуживания базовых станций, размерности кластера, числа кластеров, необходимого трафика, электромагнитной совместимости, реализуемости обратного канала, устойчивости связи и пр. | 7 | ПК-12; ПК-14 |
| 3 | 1-10 | Учет замечаний и рекомендаций преподавателя при корректировки составленной пояснительной записки (ПЗП) и чертежей (Ч) к спроектированной СМС (после проверки ПЗП и Ч преподавателем).<br>Получение «допуска» к защите спроектированной СМС (**«зачет»**). | 2 | ПК-12; ПК-14 |

**10. Самостоятельная работа (СР, 148 час.), СР на подготовку и сдачу экзамена (36 час.), всего СР 184 час.**

| № п/п | № раздела дисциплины из табл. 5.1 | Тематика самостоятельной работы *(детализация)* | Трудо-емкость, час. | Компетенции | Контроль выполнения работы (опрос, тест, дом. задание и т.п.) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **1-10 (7 семестр)** | Проработка материала Л. | 32 | ПК-12; ПК-14 | Тест контроль |
| 2 | **1, 2, 4, 5, 9 (7 семестр)** | Подготовка к ЛР и к защите отчетов по выполненным ЛР в соответствии с темами, указанными в таблице 7. | 24 | ПК-12; ПК-14 | Защита отчетов |
| 3 | **1, 2, 3, 4, 6, 7, 10 (7 семестр)** | Подготовка к ПЗ и выполнение ДЗ по темам, указанным в таблице 8. | 24 | ПК-12; ПК-14 | Проверка ДЗ |
| 4 | **3, 4, 6, 7, 8, 10 (7 семестр)** | Подготовка к 5-ти КтР по темам, указанным в таблице 5.1. | 20 (по 4 час. на 1-ну КтР) | ПК-12; ПК-14 | Проверка КтР |
| **СР в 7 семестре без экзамена** | | | **100** | | |

Согласована на портале № 5105

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | **1-10 (7 семестр)** | Подготовка и сдача экзамена. | 36 | ПК-12; ПК-14 | Экзамен |
| **Всего СР в 7 семестре** | | | **136** | | |
| 6 | **1-10 (8 семестр)** | КП: изучение комплекса вопросов по учебной и технической литературе, связанных с особенностями проектирования конкретной СМС, обоснованный выбор составных частей СМС, взаимосвязи ее технических параметров в соответствии с ТЗ на проектирование, расчет характеристик СМС. | 34 | ПК-12; ПК-14 | Регулярная проверка рабочих тетрадей с целью контроля хода проектирования. |
| 7 | **1-10 (8 семестр)** | Подготовка ПЗП к спроектированной СМС. | 10 | ПК-12; ПК-14 | Проверка ПЗП |
| 8 | **1-10 (8 семестр)** | Подготовка к защите спроектированной СМС. | 4 | ПК-12; ПК-14 | Защита перед комиссией спроектированного РУ (**«диф.зачет»**). |
| **Всего СР в 8 семестре** | | | **48** | | |
| **Всего СР** | | | **184** | | |

## 11. Примерная тематика курсовых проектов

11.1. Цифровая СМС, обслуживание «большого» (или «среднего», или «малого») города
11.2. Цифровая СМС, обслуживание пригородной зоны
11.3. Цифровая СМС, обслуживание населенного пункта в сельской местности
11.4. Цифровая СМС, обслуживание автотрассы
11.5. Цифровая СМС, обслуживание пассажирской морской трассы
11.6. Цифровая СМС, использование службой охраны
11.7. Цифровая СМС, использование службой УВД в «большом» городе
11.8. Цифровая СМС, использование службой пассажирских перевозок в «большом» городе
11.9. Цифровая СМС, использование технологическими службами нефте- и газопровода

## 12. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

**Таблица 12.1.** Балльные оценки для элементов контроля Л, ЛР, ПЗ
**(7 семестр)**

| 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 Л | 4 | 3 | 3 | **10** |
| Посещение ПЗ | 2 | 2 | 2 | **6** |
| Выполнение работ по ПЗ | 6 | 6 | 6 | **18** |
| Компонент своевременности по ПЗ | 2 | 2 | 2 | **6** |
| Посещение ЛР | | 2 | 2 | **4** |
| Выполнение и защита отчетов по ЛР | | 10 | 10 | **20** |
| Компонент своевременности по ЛР | 6 | 3 | 3 | **6** |
| **Итого за период (макс.)** | **14** | **28** | **28** | **70** |
| Сдача экзамена (макс.) | | | | **30** |
| **Нарастающим итогом (макс.)** | **14** | **42** | **70** | **100** |

**Таблица 12.2.** Балльные оценки для элементов контроля ПЗ (**зачет**)
**(8 семестр)**

| 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 ПЗ | 9 | 9 | | **18** |
| Выполнение работ по ПЗ | 30 | 30 | | **60** |
| Компонент своевременности по ПЗ | 11 | 11 | | **22** |
| **Итого за период (макс.)** | **50** | **50** | | **100** |
| **Нарастающим итогом (макс.)** | **50** | **100** | **100** | **100** |

Согласована на портале № 5105

**Таблица 12.3.** Балльные оценки для элементов контроля КП-КСР (**диф. зачет**)
**(8 семестр)**

| 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 консультаций по КП | 5 | 5 | | **10** |
| Компонент своевременности выполнения КП | 30 | 30 | | **60** |
| **Итого за период (макс.)** | **35** | **35** | | **70** |
| Защита КП (макс.) | | | | **30** |
| **Нарастающим итогом (макс.)** | **35** | **70** | | **100** |

**Таблица 12.4.** 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 12.5.** 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) |

## 13. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (приведено также в Приложении к данной рабочей программе (ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «Сети и системы мобильной связи»)).

### 13.1. *Основная литература*


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


### 13.2. *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.).


Согласована на портале № 5105

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. Столингс В. Беспроводные линии связи и сети. – М.: Изд. Дом Вильямс, 2003. – 638 с. (1 экз.).
16. Мелихов С.В. Аналоговое и цифровое радиовещание [Электронный ресурс]: Учебное пособие. Издание третие, исправленное. – Томск: Томский гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 233 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/5457).
17. Мелихов С.В. Аналоговое и цифровое радиовещание: Учебное пособие. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2002. – 251 с. (80 экз.).

### 13.3. *Учебно-методические пособия (УМП) и программное обеспечение*

#### 13.3.1. *УМП для ПЗ и СР при подготовке к ним, а также для курсового проектирования*

18. 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).
19. 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).
20. 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).
21. 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).
22. 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).
23. 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).
24. Мелихов С.В. Чувствительность радиоприемных устройств [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. – 99 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/5109).

#### 13.3.2. *УМП для ЛР и СР при подготовке к ним и для написания отчетов*

25. Кологривов В.А. Мосин С.А. Исследование технологии FDMA [Электронный ресурс]:Учебно-методическое пособие по лабораторной работе для студентов направления «Инфокоммуника ционные технологии и системы связи» . – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2013. – 22 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3518).

Согласована на портале № 5105

26. Кологривов В.А. Исследование MSK модема (классическая реализация) [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 29 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1524).
27. Кологривов В.А. Исследование MSK модема (реализация с фазовым кодером) [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 39 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1525).
28. Мелихов С.В. Система сотовой связи стандарта GSM-900 [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 15 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1367).
29. 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).
30. 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).
31. 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).

**13.3.3.** ***Программное обеспечение***

1. MatLab 6.5.
2. MatLab 7.0.
3. Microsoft Word.

**14. Материально-техническое обеспечение дисциплины:** компьютерный класс (ауд. 427 РК) – сервер, 7 ПЭВМ; Лаборатория ГПО (ауд. 414а РК) – сервер, 6 ПЭВМ.

**15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**: посещение всех плановых занятий и консультаций; систематическое выполнение заданий.

**16. Контрольные вопросы для проверки знаний по дисциплине, входящие в экзаменационные билеты (приведены также в Приложении к данной рабочей программе (ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «Сети и системы мобильной связи»)).**

1. История развития СМС. Поколения СМС (1G, 2G, 2,5G, 2, 75G, 3G, 4G).
2. Принцип множественного доступа с частотным разделением каналов (FDMA).
3. Принцип множественного доступа с временным разделением каналов (TDMA).
4. Принцип множественного доступа с кодовым разделением каналов (CDMA).
5. Принцип совмещенного множественного доступа (TDMA/FDMA).
6. Аналоговая ЧМ и аналоговая ФМ. Помехозащищенность по отношению к тепловому шуму и мешающему сигналу. Аналитическая связь между отношениями сигнал/шум и сигнал/помеха на входе и выходе демодуляторов (детекторов).
7. Дифференциальная (относительная) бинарная фазовая манипуляция (DBPSK). Фазовая неоднозначность при приеме. Когерентная и некогерентная демодуляция. Структурная схема модема.
8. Квадратурная фазовая манипуляция (QPSK), фазовая неоднозначность при приеме. Дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция (DQPSK). Структурные схемы модемов.
9. Дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция со сдвигом $\pi/4$ ($\pi/4$ QPSK). Структурная схема модема.
10. Манипуляция с минимальным сдвигом (MSK). Гауссовская манипуляция с минимальным сдвигом (GMSK). Структурные схемы модемов. Эффективность использования полосы частот. Спектр модулированного сигнала. Обеспечение компактности спектра.
11. Квадратурная амплитудная модуляция (QAM). Структурные схемы модемов.
12. Особенности сетей с макросотовой, микросотовой, пикосотовой структурой.
13. Виды станций сети: центральная (ЦС), базовая (БС), мобильная (МС). Центры коммутации подвижной связи. Центры управления и обслуживания.

Согласована на портале № 5105

14. Особенности работы мобильных систем: аутентификация абонента, передача (хэндовер) абонента при движении от одной БС к другой БС. Виды и организация услуг, предоставляемых в СПР.
15. 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.
16. Модель Окамуры по расчету медианного значения мощности принимаемого сигнала на длинных трассах. Учет характера среды на затухание радиоволн.
17. Модель Окамуры-Хата по предсказанию уровня принимаемого сигнала на длинных трассах.
18. Особенности коротких трасс. Модель Уолфиша-Икегами для малых сот.
19. Проблемы электромагнитной совместимости в сотовых сетях. Допустимое отношение сигнал/помеха (сигнал/интерференция) на входе приемника МС.
20. Территориальное планирование. Понятие кластера, частотные группы. Расчет допустимого расстояния между БС с одинаковыми частотными группами в однородной модели сотовой связи. Расчет размерности кластера.
21. Частотное планирование. Диапазоны частот, выделенные для систем подвижной радиосвязи. План частот аналоговой системы NMT-450, цифровых систем GSM-900, GSM-1800, GSM-1900. Число дуплексных каналов. Определение максимального числа обслуживаемых абонентов в соте.
22. Расчет мощности шума и отношения сигнал/шум на входе приемника МС. Определение отношения сигнал/шум в аналоговом канале.
23. Определение вероятности ошибок в цифровом канале. Связь между вероятностью ошибок и отношением сигнал/шум при использовании в СМС радиосигналов с различными видами модуляции.
24. Влияние частотно-селективных замираний на качество связи. Методы снижения влияния частотных замираний: пространственно-разнесенный прием; передача-прием с использованием медленных скачков по частоте; эквалайзинг.
25. Понятие трафика, средней интенсивности вызовов, средней продолжительности обслуживания, средней интенсивности трафика. Модель Эрланга В с отказами для оценки емкости сотовых систем мобильной связи.
26. Организация соединительных радиорелейных линий (РРЛ). Используемые диапазоны частот. Структурная схема РРЛ. Энергетические параметры РРЛ.
27. Расчет устойчивости связи СМС.
28. Транковые (трангинговые) системы связи. Принцип работы, возможности, технические характеристики.
29. Аналоговый стандарт СМС NMT. Принцип работы, возможности, технические характеристики.
30. Цифровой стандарт СМС GSM. Принцип работы, возможности, технические характеристики. Достоинства цифровых стандартов по сравнению с аналоговыми.
31. Построение цифрового потока при TDMA: понятие окна, кадра, мультикадра, суперкадра, их длительности. Типы окон и их структура. Физические каналы.
32. Логические каналы трафика и управления. Виды логических каналов связи. Организация логических каналов с полной и половинной скоростью. Организация каналов частотной синхронизации. Организация общих каналов управления и совмещенных каналов управления.
33. Обеспечение безопасности связи в стандарте GSM. Аутентификация и идентификация абонента, обеспечение секретности.
34. Функциональная схема сети связи GSM. Структура служб в стандарте GSM.
35. Структура и технические параметры БС и АС.
36. Радиооборудование и контроллер БС. Состав и работа центра коммутации подвижной связи и центра управления и обслуживания.
37. Понятие орбитальной конфигурации искусственных спутников Земли (ИСЗ) глобальных СПСС. Орбиты ИСЗ (LEO, MEO, HEO, GEO) и их характеристики. Зоны обслуживания. Шлюзовые земные станции.
38. Принцип действия и характеристики систем СМС Iridium и Globalstar.
39. Особенности распространения радиоволн в спутниковом радиоканале. Поглощение энергии сигнала в атмосфере.
40. Энергетический расчет спутниковых систем связи с подвижными объектами. Диаграмма уровней мощности линий связи Земля-ИСЗ, ИСЗ-Земля.
41. Методы повышения емкости СМС. Развитие глобальной информационной системы (ГИС) подвижной связи и перспективных СМС.

**17. Типовые задачи для практических занятий:** приведены в Приложении к данной рабочей программе (**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «Сети и системы мобильной связи»).** Полный комплект задач для практических занятий см. в [18-22].

**18. Типовые темы курсового проектирования: приведены в п. 11 настоящей программы, а также в Приложении к данной рабочей программе (ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «Сети и системы мобильной связи»).**

Согласована на портале № 5105

**Приложение к рабочей программе**

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 УР
П.Е.Троян
_____

"__25__"_____04_____2016 г.

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

## «Сети и системы мобильной связи»

**Уровень основной образовательной программы: академический бакалавриат**

**Направление подготовки: 11.03.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

**Профиль: Системы мобильной связи**

**Форма обучения: очная**

**Факультет: РТФ (радиотехнический)**

**Кафедра обеспечивающая и выпускающая: РТС (радиотехнических систем)**

**Курс:** ***4*** **Семестры:** ***7, 8***

**Учебные планы набора 2013, 2014, 2015 гг.**

**Зачет: 8 семестр** **Диф. зачет: 8 семестр**

**Экзамен: 7 семестр**

**Разработчик** **С.В. Мелихов**

**Томск 2016**

Согласована на портале № 5105

# 1 Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Сети и системы мобильной связи» (ССМС) 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 |
|---|---|---|
| **ПК-12** | Готовность к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам. | ***Должен знать:***<br>• принципы работы и особенности организации современных систем мобильной систем связи, способы оценки размеров зон обслуживания базовых станций, особенности частотного планирования, способы расчета электромагнитной совместимости и оценки трафика в кластере базовых станций; основные стандарты мобильной связи.<br><br>***Должен уметь:***<br>• применять на практике методы анализа и расчета основных характеристик систем мобильной связи; на основе технических характеристик имеющейся аппаратуры разрабатывать и внедрять соответствующую техническому заданию структуру кластера системы мобильной связи с учетом экологической безопасности; проводить натурный эксперимент по измерению основных характеристик базовых и мобильных станций.<br><br>***Должен владеть:***<br>• первичными навыками настройки и регулировки аппаратуры систем мобильной связи при производстве, установке и технической эксплуатации. |
| **ПК-14** | Умение осуществлять первичный контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации национальным и международным стандартам и техническим регламентам. | |

# 2 Реализация компетенций

## 2.1 Компетенция ПК-12: Готовность к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам

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 контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации | Уметь изучать методы контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации по | Владеть навыками контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации |

Согласована на портале № 5105

| | | | |
|---|---|---|---|
| | стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам | нормативным документам | стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам |
| **Виды занятий** | • Лекции<br>• Практические занятия<br>• Групповые консультации | • Лабораторные работы<br>• Выполнение домашнего задания<br>• Самостоятельная работа студентов | • Лабораторные работы<br>• Курсовой проект |
| **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>• Защита курсового проекта<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 |

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 контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным | • Умеет быстро изучать методы контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации по нормативным | • Свободно владеет приемами контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации нормативным |

Согласована на портале № 5105

| | | | |
|---|---|---|---|
| | документам | документам | документам |
| **Хорошо (базовый уровень)** | • Знает приемы контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам | • Умеет изучать методы контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации по нормативным документам | • Владеет приемами контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации нормативным документам |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | • Знает основные приемы контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам | • В принципе умеет изучать методы контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации по нормативным документам | • Частично владеет приемами контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации нормативным документам |

### 2.2 Компетенция ПК-14: Умение осуществлять первичный контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации национальным и международным стандартам и техническим регламентам

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 осуществления первичного контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации национальным и международным стандартам и техническим регламентам | Уметь изучать приемы осуществления первичного контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации нормативным документам различного уровня | Владеть приемами осуществления первичного контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации нормативным документам |
| **Виды занятий** | • Лекции<br>• Практические занятия<br>• Групповые консультации | • Лабораторные работы<br>• Выполнение домашнего задания<br>• Самостоятельная работа студентов | • Лабораторные работы<br>• Курсовой проект |
| **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>• Защита курсового проекта<br>• Экзамен |

Согласована на портале № 5105

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 осуществления первичного контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации национальным и международным стандартам и техническим регламентам | • Умеет быстро изучать приемы осуществления первичного контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации нормативным документам различного уровня | • Свободно владеет приемами осуществления первичного контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации нормативным документам |
| **Хорошо (базовый уровень)** | • Знает приемы осуществления первичного контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации национальным и международным стандартам и техническим регламентам | • Умеет изучать приемы осуществления первичного контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации нормативным документам различного уровня | • Владеет приемами осуществления первичного контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации нормативным документам |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | • Знает основные приемы осуществления первичного контроля соответствия разрабатываемых | • В принципе умеет изучать приемы осуществления первичного контроля соответствия | • Частично владеет приемами осуществления первичного контроля соответствия |

Согласована на портале № 5105

| | | | |
|---|---|---|---|
| | проектов и технической документации национальным и международным стандартам и техническим регламентам | разрабатываемых проектов и технической документации нормативным документам различного уровня | разрабатываемых проектов и технической документации нормативным документам |

## 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, курсовое проектирование 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.).
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. Столингс В. Беспроводные линии связи и сети. – М.: Изд. Дом Вильямс, 2003. – 638 с. (1 экз.).
16. Мелихов С.В. Аналоговое и цифровое радиовещание [Электронный ресурс]: Учебное пособие. Издание третие, исправленное. – Томск: Томский гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 233 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/5457).
17. Мелихов С.В. Аналоговое и цифровое радиовещание: Учебное пособие. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2002. – 251 с. (80 экз.).


Согласована на портале № 5105

### 4.3 Учебно-методические пособия для практических занятий и самостоятельной работы при подготовке к ним, а также для курсового проектирования

18. 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).
19. 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).
20. 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).
21. 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).
22. 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).
23. 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).
24. Мелихов С.В. Чувствительность радиоприемных устройств [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. – 99 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/5109).

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

25. Кологривов В.А. Мосин С.А. Исследование технологии FDMA [Электронный ресурс]:Учебно-методическое пособие по лабораторной работе для студентов направления «Инфокоммуника ционные технологии и системы связи» . – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2013. – 22 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/3518).
26. Кологривов В.А. Исследование MSK модема (классическая реализация) [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 29 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1524).
27. Кологривов В.А. Исследование MSK модема (реализация с фазовым кодером) [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 39 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1525).
28. Мелихов С.В. Система сотовой связи стандарта GSM-900 [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 15 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1367).
29. 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).
30. Интерфейсы, терминальное оборудование, структура кадров и формирование сигналов в стандарте GSM [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе для студентов

Согласована на портале № 5105

радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 17 с. (Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1368).

31. 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).

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

1. История развития СМС. Поколения СМС (1G, 2G, 2,5G, 2, 75G, 3G, 4G).
2. Принцип множественного доступа с частотным разделением каналов (FDMA).
3. Принцип множественного доступа с временным разделением каналов (TDMA).
4. Принцип множественного доступа с кодовым разделением каналов (CDMA).
5. Принцип совмещенного множественного доступа (TDMA/FDMA).
6. Аналоговая ЧМ и аналоговая ФМ. Помехозащищенность по отношению к тепловому шуму и мешающему сигналу. Аналитическая связь между отношениями сигнал/шум и сигнал/помеха на входе и выходе демодуляторов (детекторов).
7. Дифференциальная (относительная) бинарная фазовая манипуляция (DBPSK). Фазовая неоднозначность при приеме. Когерентная и некогерентная демодуляция. Структурная схема модема.
8. Квадратурная фазовая манипуляция (QPSK), фазовая неоднозначность при приеме. Дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция (DQPSK). Структурные схемы модемов.
9. Дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция со сдвигом $\pi/4$ ($\pi/4$ QPSK). Структурная схема модема.
10. Манипуляция с минимальным сдвигом (MSK). Гауссовская манипуляция с минимальным сдвигом (GMSK). Структурные схемы модемов. Эффективность использования полосы частот. Спектр модулированного сигнала. Обеспечение компактности спектра.
11. Квадратурная амплитудная модуляция (QAM). Структурные схемы модемов.
12. Особенности сетей с макросотовой, микросотовой, пикосотовой структурой.
13. Виды станций сети: центральная (ЦС), базовая (БС), мобильная (МС). Центры коммутации подвижной связи. Центры управления и обслуживания.
14. Особенности работы мобильных систем: аутентификация абонента, передача (хэндовер) абонента при движении от одной БС к другой БС. Виды и организация услуг, предоставляемых в СПР.
15. 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.
16. Модель Окамуры по расчету медианного значения мощности принимаемого сигнала на длинных трассах. Учет характера среды на затухание радиоволн.
17. Модель Окамуры-Хата по предсказанию уровня принимаемого сигнала на длинных трассах.
18. Особенности коротких трасс. Модель Уолфиша-Икегами для малых сот.
19. Проблемы электромагнитной совместимости в сотовых сетях. Допустимое отношение сигнал/помеха (сигнал/интерференция) на входе приемника МС.
20. Территориальное планирование. Понятие кластера, частотные группы. Расчет допустимого расстояния между БС с одинаковыми частотными группами в однородной модели сотовой связи. Расчет размерности кластера.
21. Частотное планирование. Диапазоны частот, выделенные для систем подвижной радиосвязи. План частот аналоговой системы NMT-450, цифровых систем GSM-900, GSM-1800, GSM-1900. Число дуплексных каналов. Определение максимального числа обслуживаемых абонентов в соте.
22. Расчет мощности шума и отношения сигнал/шум на входе приемника МС. Определение отношения сигнал/шум в аналоговом канале.
23. Определение вероятности ошибок в цифровом канале. Связь между вероятностью ошибок и отношением сигнал/шум при использовании в СМС радиосигналов с различными видами модуляции.
24. Влияние частотно-селективных замираний на качество связи. Методы снижения влияния частотных замираний: пространственно-разнесенный прием; передача-прием с использованием медленных скачков по частоте; эквалайзинг.
25. Понятие трафика, средней интенсивности вызовов, средней продолжительности обслуживания, средней интенсивности трафика. Модель Эрланга В с отказами для оценки емкости сотовых систем мобильной связи.
26. Организация соединительных радиорелейных линий (РРЛ). Используемые диапазоны частот. Структурная схема РРЛ. Энергетические параметры РРЛ.
27. Расчет устойчивости связи СМС.
28. Транковые (трангинговые) системы связи. Принцип работы, возможности, технические характеристики.
29. Аналоговый стандарт СМС NMT. Принцип работы, возможности, технические характеристики.

Согласована на портале № 5105

30. Цифровой стандарт СМС GSM. Принцип работы, возможности, технические характеристики. Достоинства цифровых стандартов по сравнению с аналоговыми.
31. Построение цифрового потока при TDMA: понятие окна, кадра, мультикадра, суперкадра, их длительности. Типы окон и их структура. Физические каналы.
32. Логические каналы трафика и управления. Виды логических каналов связи. Организация логических каналов с полной и половинной скоростью. Организация каналов частотной синхронизации. Организация общих каналов управления и совмещенных каналов управления.
33. Обеспечение безопасности связи в стандарте GSM. Аутентификация и идентификация абонента, обеспечение секретности.
34. Функциональная схема сети связи GSM. Структура служб в стандарте GSM.
35. Структура и технические параметры БС и АС.
36. Радиооборудование и контроллер БС. Состав и работа центра коммутации подвижной связи и центра управления и обслуживания.
37. Понятие орбитальной конфигурации искусственных спутников Земли (ИСЗ) глобальных СПСС. Орбиты ИСЗ (LEO, MEO, HEO, GEO) и их характеристики. Зоны обслуживания. Шлюзовые земные станции.
38. Принцип действия и характеристики систем СМС Iridium и Globalstar.
39. Особенности распространения радиоволн в спутниковом радиоканале. Поглощение энергии сигнала в атмосфере.
40. Энергетический расчет спутниковых систем связи с подвижными объектами. Диаграмма уровней мощности линий связи Земля-ИСЗ, ИСЗ-Земля.
41. Методы повышения емкости СМС. Развитие глобальной информационной системы (ГИС) подвижной связи и перспективных СМС.

Согласована на портале № 5105

### 4.6 Типовые задачи для практических занятий (полный комплект задач для практических занятий см. в [18 – 22])

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:

$P_{\text{с вх 0 МС}} \approx -132{,}5$ дБВт; $P_{\text{с вх 0 БС}} \approx -127{,}5$ дБВт; $P_{\text{БС опт}} \approx 2$ дБВт; $L_p \approx 133{,}6$ дБ; $r \approx 2{,}76$ км.

### 4.7 Типовые темы курсового проектирования

1. Цифровая СМС, обслуживание «большого» (или «среднего», или «малого» города)
2. Цифровая СМС, обслуживание пригородной зоны
3. Цифровая СМС, обслуживание населенного пункта в сельской местности
4. Цифровая СМС, обслуживание автотрассы
5. Цифровая СМС, обслуживание пассажирской морской трассы
6. Цифровая СМС, использование службой охраны
7. Цифровая СМС, использование службой УВД в «большом» городе
8. Цифровая СМС, использование службой пассажирских перевозок в «большом» городе
9. Цифровая СМС, использование технологическими службами нефте- и газопровода

Согласована на портале № 5105