

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Владелец: Семенко Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

СЕТИ И СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки / специальность: **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

Направленность (профиль) / специализация: **Системы мобильной связи**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**

Кафедра: **Кафедра радиотехнических систем (РТС)**

Курс: **4**

Семестр: **7**

Учебный план набора 2020 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности          | 7 семестр | Всего | Единицы |
|------------------------------------|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия                 | 26        | 26    | часов   |
| Практические занятия               | 36        | 36    | часов   |
| Лабораторные занятия               | 24        | 24    | часов   |
| Курсовой проект                    | 10        | 10    | часов   |
| Самостоятельная работа             | 84        | 84    | часов   |
| Подготовка и сдача экзамена        | 36        | 36    | часов   |
| Общая трудоемкость                 | 216       | 216   | часов   |
| (включая промежуточную аттестацию) | 6         | 6     | з.е.    |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Экзамен                        | 7       |
| Курсовой проект                | 7       |

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. 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.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. 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.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля).

Индекс дисциплины: Б1.В.2.15.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция                             | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|-----------------------------------|---|
| <b>Универсальные компетенции</b>        |                                   |   |
| -                                       | -                                 | -   |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b> |                                   |   |
| -                                       | -                                 | -   |
| <b>Профессиональные компетенции</b>     |                                   |   |

|   |  |  |
|---|--|--|
| ПКР-22. Способен проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ | ПКР-22.1. Знает нормативно-правовые, нормативно-технические и организационно-методические документы, регламентирующие проектную подготовку, внедрение и эксплуатацию систем связи (телекоммуникационных систем), строительство объектов связи. | знать нормативно-правовые, нормативно-технические и организационно-методические документы, необходимые для профессиональной работы.  |
|   | ПКР-22.2. Знает принципы построения технического задания при автоматизации проектирования средств и сетей связи и их элементов; структуру и основы подготовки технической и проектной документации.  | знать принципы работы и особенности организации современных систем мобильной связи, способы оценки размеров зон обслуживания базовых станций, особенности частотного планирования. |
|   | ПКР-22.3. Умеет выявлять и анализировать преимущества и недостатки вариантов проектных решений, оценивать риски, связанные с реализацией проекта.  | уметь проводить натурный эксперимент по измерению основных характеристик базовых и мобильных станций.  |
|   | ПКР-22.4. Владеет навыками сбора исходных данных, необходимых для разработки проектной документации.   | владеть первичными навыками настройки и регулировки аппаратуры систем мобильной связи при производстве, установке и технической эксплуатации.                                      |

|   |   |   |
|---|---|---|
| ПКР-23. Способен осуществлять подготовку типовых технических проектов и первичный контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации на различные инфокоммуникационные объекты национальным и международным стандартам и техническим регламентам | ПКР-23.1. Знает принципы системного подхода в проектировании систем связи (телекоммуникаций).   | Знать принципы системного подхода при проектировании систем связи различного уровня.  |
|   | ПКР-23.2. Знает современные технические решения создания объектов и систем связи (телекоммуникационных систем) и ее компонентов, новейшее оборудование и программное обеспечение. | Знать современное телекоммуникационное оборудование.  |
|   | ПКР-23.3. Умеет использовать нормативно-техническую документацию при разработке проектной документации.   | Уметь вести документацию по результатам измерений.  |
|   | ПКР-23.4. Владеет навыками оформления проектной документации в соответствии со стандартами и техническими регламентами.   | Владеть навыками информационной поддержки расчетов радиопокрытия, радиорелейных и спутниковых трасс и частотно-территориального планирования в части использования картографической информации. |

|   |  |   |
|---|--|---|
| ПКС-1. Способен выполнять расчет и проектирование элементов и устройств инфокоммуникационных систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования | ПКС-1.1. Знает принципы работы и особенности организации современных систем мобильной 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   | Знать способы расчета электромагнитной совместимости и оценки трафика в кластере базовых станций; основные стандарты мобильной связи.                             |
|   | ПКС-1.2. Умеет 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 | Уметь анализировать полученные результаты и устанавливать соответствие параметров работы оборудования систем связи по действующим нормативным актам и нормативам. |
|   | ПКС-1.3. Владеет программными средствами автоматизации проектирования элементов и устройств инфокоммуникационных систем  | Владеть навыками инструментальных измерений телекоммуникационного оборудования  |

**4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности   | Всего часов | Семестры  |
|---|-------------|-----------|
|   |             | 7 семестр |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 96          | 96        |
| Лекционные занятия  | 26          | 26        |

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| Практические занятия  | 36  | 36  |
| Лабораторные занятия  | 24  | 24  |
| Курсовой проект   | 10  | 10  |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 84  | 84  |
| Написание отчета по курсовому проекту   | 50  | 50  |
| Подготовка к тестированию   | 22  | 22  |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета  | 12  | 12  |
| <b>Подготовка и сдача экзамена</b>  | 36  | 36  |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b>   | 216 | 216 |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>  | 6   | 6   |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины  | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Курс. пр. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|--------------|---------------|-----------|-----------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>7 семестр</b>  |              |               |           |           |              |                            |                         |
| 1 История развития систем мобильной связи (СМС). Методы множественного доступа в СМС.     | 2            | -             | 4         | 10        | 10           | 26                         | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1   |
| 2 Общие принципы построения СМС.  | 2            | -             | -         |           | 6            | 18                         | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1   |
| 3 Параметры радиоканала. Модели предсказания уровня сигнала для СМС.                      | 2            | 16            | -         |           | 6            | 34                         | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1   |
| 4 Методы частотнотерриториального планирования СМС.                                       | 2            | 8             | -         |           | 6            | 26                         | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1   |
| 5 Виды цифровой манипуляции.  | 4            | -             | 4         |           | 10           | 28                         | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1   |
| 6 Расчет линий СМС при заданном качестве.   | 2            | 4             | -         |           | 6            | 22                         | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1   |
| 7 Трафик и емкость сотовых СМС.   | 2            | 4             | -         |           | 6            | 22                         | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1   |
| 8 Соединительные линии (СЛ) базовых и центральных станций, устойчивость соединения в СМС. | 2            | -             | -         |           | 6            | 18                         | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1   |
| 9 СМС стандарта GSM. Особенности других стандартов.                                       | 4            | -             | 16        |           | 10           | 40                         | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1   |
| 10 Системы персональной спутниковой связи.  | 2            | 4             | -         |           | 8            | 24                         | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1   |
| 11 Проектирование системы мобильной связи   | 2            | -             | -         |           | 10           | 22                         | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1   |
| Итого за семестр  | 26           | 36            | 24        | 10        | 84           | 180                        |                         |

|       |    |    |    |    |    |     |  |
|-------|----|----|----|----|----|-----|--|
| Итого | 26 | 36 | 24 | 10 | 84 | 180 |  |
|-------|----|----|----|----|----|-----|--|

## 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины  | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)   | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|---|--|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>7 семестр</b>  |  |                                      |                         |
| 1 История развития систем мобильной связи (СМС). Методы множественного доступа в СМС. | Объем, содержание, виды занятий и формы отчетности по дисциплине. Системы подвижной связи первого, второго, третьего и четвертого поколений (1G, 2G, 2,5G, 3G, 4G). Их особенности и технические параметры. Множественных доступов с частотным (FDMA), с временным (TDMA), с кодовым (CDMA) разделением каналов. Совмещенные множественные доступы.                    | 2                                    | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1   |
|   | Итого  | 2                                    |                         |
| 2 Общие принципы построения СМС.  | Сети с макросотовой, микросотовой и пикосотовой структурой. Сведения о международных, федеральных и региональных стандартах на СМС. Виды станций сети: центральная (ЦС), базовая (БС), мобильная (МС). Центры коммутации подвижной связи. Центры управления и обслуживания. Аутентификация, хэндовер, роуминг абонента в СМС. Виды услуг, предоставляемых в сетях СМС. | 2                                    | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1   |
|   | Итого  | 2                                    |                         |

|  |  |   |                       |
|--|--|---|-----------------------|
| 3 Параметры радиоканала. Модели предсказания уровня сигнала для СМС. | Особенности распространения радиоволн при различном рельефе местности. Быстрые и медленные замирания сигнала при движении<br>МС. Модели Окамуры, Окамуры-Хата и Уолфиша<br>Икегами по предсказанию уровня сигнала в больших и малых сотах.   | 2 | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 |
| Итого  |  | 2 |                       |
| 4 Методы частотнотерриториального планирования СМС.                  | Проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС). Территориальное планирование. Кластер и его размерность, частотные группы кластера. Параметр «Signal Interference Ratio» (SIR), его расчет. Частотное планирование. Планы частот: аналоговой системы NMT, цифровой системы GSM. Определение максимального числа обслуживаемых абонентов в соте.   | 2 | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 |
| Итого  |  | 2 |                       |
| 5 Виды цифровой манипуляции.   | Дифференциальная (относительная) бинарная фазовая манипуляция (DBPSK). Квадратурная фазовая манипуляция (QPSK). Дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция (DQPSK). Дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция со сдвигом $\pi/4$ ( $\pi/4$ QPSK). Манипуляция с минимальным сдвигом (MSK). Гауссовская манипуляция с минимальным сдвигом (GMSK). Квадратурная амплитудная модуляция (QAM). Когерентная и некогерентная демодуляция различных видов модуляции. | 4 | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 |
| Итого  |  | 4 |                       |



|   |  |   |                       |
|---|--|---|-----------------------|
| 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. Качество цифровой радиосвязи. Пропускная способность цифрового канала связи. Полоса Найквиста. Предел Шеннона. Эффективность использования радиополосы при различных видах манипуляции. | 2 | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 |
|   | Итого  | 2 |                       |
| 7 Трафик и емкость сотовых СМС.   | Понятие трафика. Расчет основных параметров трафика сети: средней интенсивности вызовов, средней продолжительности обслуживания, средней интенсивности трафика. Модель Эрланга В с отказами для оценки емкости СМС.  | 2 | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 |
|   | Итого  | 2 |                       |
| 8 Соединительные линии (СЛ) базовых и центральных станций, устойчивость соединения в СМС. | Организация радиорелейных и оптоволоконных СЛ. Структурная схема СЛ. Расчет устойчивости соединения для СМС.   | 2 | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 |
|   | Итого  | 2 |                       |

|   |  |    |                       |
|---|--|----|-----------------------|
| 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. Аутентификация и идентификация абонента. Транковые системы связи. Возможности, технические характеристики. Аналоговый стандарт СМС NMT. Возможности, технические характеристики. Достоинства цифровых стандартов. | 4  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 |
| Итого   |  | 4  |                       |
| 10 Системы персональной спутниковой связи.          | Понятие орбитальной конфигурации искусственных спутников Земли (ИСЗ). Орбиты ИСЗ (LEO, MEO, NEO, GEO). Глобальная связь через ИСЗ, зоны обслуживания. Характеристики систем Iridium и Globalstar. Особенности распространения радиоволн в спутниковом радиоканале. Методы повышения емкости СМС. Глобальная информационная система (ГИС), место России в ГИС.  | 2  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 |
| Итого   |  | 2  |                       |
| 11 Проектирование системы мобильной связи           | Анализа требований технического задания (ТЗ) на проектирование СМС. Выбор недостающих исходных данных для проектирования. Проектирование и расчет СМС с заданными параметрами качества.  | 2  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 |
| Итого   |  | 2  |                       |
| Итого за семестр                                    |  | 26 |                       |
| Итого   |  | 26 |                       |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины                                   | Наименование практических занятий (семинаров)   | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--|---|-----------------|-------------------------|
| <b>7 семестр</b>   |   |                 |                         |
| 3 Параметры радиоканала. Модели предсказания уровня сигнала для СМС. | Расчет зон обслуживания передатчиков метровых волн.   | 8               | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1   |
|  | Модели предсказания уровня сигнала для определения зон обслуживания для сотовых систем подвижной связи.   | 8               | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1   |
|  | Итого   | 16              |                         |
| 4 Методы частотнотерриториального планирования СМС.                  | Электромагнитная совместимость и особенности частотного планирования в сотовых системах подвижной связи.  | 8               | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1   |
|  | Итого   | 8               |                         |
| 6 Расчет линий СМС при заданном качестве.                            | Шумовые характеристики и энергетическая эффективность сотовых систем связи при различных видах модуляции. | 4               | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1   |
|  | Итого   | 4               |                         |
| 7 Трафик и емкость сотовых СМС.                                      | Трафик и емкость сотовых систем мобильной связи.  | 4               | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1   |
|  | Итого   | 4               |                         |
| 10 Системы персональной спутниковой связи.                           | Расчет диаграмм уровней персональной спутниковой связи.   | 4               | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1   |
|  | Итого   | 4               |                         |
| Итого за семестр   |   | 36              |                         |
| Итого  |   | 36              |                         |

### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------------|-------------------------|
| <b>7 семестр</b>                   |                                 |                 |                         |

|   |  |    |                       |
|---|--|----|-----------------------|
| 1 История развития систем мобильной связи (СМС). Методы множественного доступа в СМС. | Исследование технологии FDMA.  | 4  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 |
|   | Итого  | 4  |                       |
| 5 Виды цифровой манипуляции.  | Исследование MSK модема (классическая реализация).   | 4  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 |
|   | Итого  | 4  |                       |
| 9 СМС стандарта GSM. Особенности других стандартов.                                   | Система сотовой связи стандарта GSM-900.   | 4  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 |
|   | Структура логических каналов управления и алгоритмы функционирования системы GSM.                | 4  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 |
|   | Интерфейсы, терминальное оборудование, структура кадров и формирование сигналов в стандарте GSM. | 4  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 |
|   | Подавление межсимвольной интерференции эквалайзером.   | 4  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 |
|   | Итого  | 16 |                       |
| Итого за семестр  |  | 24 |                       |
| Итого   |  | 24 |                       |

### 5.5. Курсовой проект

Содержание, трудоемкость контактной аудиторной работы и формируемые компетенции в рамках выполнения курсового проекта представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Содержание контактной аудиторной работы и ее трудоемкость

| Содержание контактной аудиторной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|-----------------|-------------------------|
| <b>7 семестр</b>                        |                 |                         |

|   |    |                       |
|---|----|-----------------------|
| Согласование с преподавателем выбранных недостающих исходных данных для проектирования СМС в соответствии с конкретным ТЗ.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. Учет замечаний и рекомендаций преподавателя при корректировке составленной пояснительной записки (ПЗП) и чертежей (Ч) к спроектированной СМС (после проверки ПЗП и Ч преподавателем). Получение «допуска» к защите спроектированной СМС («зачет»). | 10 | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 |
| Итого за семестр  | 10 |                       |
| Итого   | 10 |                       |

Примерная тематика курсовых проектов:

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.

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|----------------|
| <b>7 семестр</b>                   |                             |                 |                         |                |

|  |  |    |                          |   |
|--|--|----|--------------------------|---|
| 1 История развития систем мобильной связи (СМС).<br>Методы множественного доступа в СМС. | Написание отчета по курсовому проекту              | 4  | ПКР-22,<br>ПКР-23, ПКС-1 | Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту |
|  | Подготовка к тестированию                          | 2  | ПКР-22,<br>ПКР-23, ПКС-1 | Тестирование                                |
|  | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4  | ПКР-22,<br>ПКР-23, ПКС-1 | Лабораторная работа                         |
|  | Итого  | 10 |                          |   |
| 2 Общие принципы построения СМС.   | Написание отчета по курсовому проекту              | 4  | ПКР-22,<br>ПКР-23, ПКС-1 | Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту |
|  | Подготовка к тестированию                          | 2  | ПКР-22,<br>ПКР-23, ПКС-1 | Тестирование                                |
|  | Итого  | 6  |                          |   |
| 3 Параметры радиоканала. Модели предсказания уровня сигнала для СМС.                     | Написание отчета по курсовому проекту              | 4  | ПКР-22,<br>ПКР-23, ПКС-1 | Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту |
|  | Подготовка к тестированию                          | 2  | ПКР-22,<br>ПКР-23, ПКС-1 | Тестирование                                |
|  | Итого  | 6  |                          |   |
| 4 Методы частотно-территориального планирования СМС.                                     | Написание отчета по курсовому проекту              | 4  | ПКР-22,<br>ПКР-23, ПКС-1 | Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту |
|  | Подготовка к тестированию                          | 2  | ПКР-22,<br>ПКР-23, ПКС-1 | Тестирование                                |
|  | Итого  | 6  |                          |   |
| 5 Виды цифровой манипуляции.   | Написание отчета по курсовому проекту              | 4  | ПКР-22,<br>ПКР-23, ПКС-1 | Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту |
|  | Подготовка к тестированию                          | 2  | ПКР-22,<br>ПКР-23, ПКС-1 | Тестирование                                |
|  | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4  | ПКР-22,<br>ПКР-23, ПКС-1 | Лабораторная работа                         |
|  | Итого  | 10 |                          |   |

|   |  |    |                       |   |
|---|--|----|-----------------------|---|
| 6 Расчет линий СМС при заданном качестве.   | Написание отчета по курсовому проекту              | 4  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 | Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту |
|   | Подготовка к тестированию                          | 2  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 | Тестирование                                |
|   | Итого  | 6  |                       |   |
| 7 Трафик и емкость сотовых СМС.   | Написание отчета по курсовому проекту              | 4  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 | Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту |
|   | Подготовка к тестированию                          | 2  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 | Тестирование                                |
|   | Итого  | 6  |                       |   |
| 8 Соединительные линии (СЛ) базовых и центральных станций, устойчивость соединения в СМС. | Написание отчета по курсовому проекту              | 4  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 | Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту |
|   | Подготовка к тестированию                          | 2  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 | Тестирование                                |
|   | Итого  | 6  |                       |   |
| 9 СМС стандарта GSM. Особенности других стандартов.                                       | Написание отчета по курсовому проекту              | 4  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 | Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту |
|   | Подготовка к тестированию                          | 2  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 | Тестирование                                |
|   | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 | Лабораторная работа                         |
|   | Итого  | 10 |                       |   |
| 10 Системы персональной спутниковой связи.  | Написание отчета по курсовому проекту              | 6  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 | Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту |
|   | Подготовка к тестированию                          | 2  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 | Тестирование                                |
|   | Итого  | 8  |                       |   |
| 11 Проектирование системы мобильной связи   | Написание отчета по курсовому проекту              | 8  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 | Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту |
|   | Подготовка к тестированию                          | 2  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 | Тестирование                                |
|   | Итого  | 10 |                       |   |
| Итого за семестр  |  | 84 |                       |   |
|   | Подготовка и сдача экзамена                        | 36 |                       | Экзамен                                     |

|       |     |  |
|-------|-----|--|
| Итого | 120 |  |
|-------|-----|--|

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности |            |           |           |           | Формы контроля  |
|-------------------------|---------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|---|
|                         | Лек. зан.                 | Прак. зан. | Лаб. раб. | Курс. пр. | Сам. раб. |   |
| ПКР-22                  | +                         | +          | +         | +         | +         | Отчет по курсовому проекту, Курсовой проект, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |
| ПКР-23                  | +                         | +          | +         | +         | +         | Отчет по курсовому проекту, Курсовой проект, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |
| ПКС-1                   | +                         | +          | +         | +         | +         | Отчет по курсовому проекту, Курсовой проект, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |

### 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

#### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля           | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|--------------------------|--|---|---|------------------|
| <b>7 семестр</b>         |  |   |   |                  |
| Лабораторная работа      | 10   | 10  | 20  | 40               |
| Тестирование             | 10   | 10  | 10  | 30               |
| Экзамен                  |  |   |   | 30               |
| Итого максимум за период | 20   | 20  | 30  | 100              |
| Нарастающим итогом       | 20   | 40  | 70  | 100              |

Балльные оценки для курсового проекта представлены в таблице 6.1.1.

Таблица 6.1.1 – Балльные оценки для курсового проекта

| Формы контроля             | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|----------------------------|--|---|---|------------------|
| <b>7 семестр</b>           |  |   |   |                  |
| Отчет по курсовому проекту | 10   | 20  | 70  | 100              |
| Итого максимум за период   | 10   | 20  | 70  | 100              |
| Нарастающим итогом         | 10   | 30  | 100   | 100              |



## 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

| Баллы на дату текущего контроля                       | Оценка |
|---|--------|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК         | 5      |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 4      |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 3      |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК         | 2      |

## 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка                               | 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  | E (посредственно)       |
|                                      | 60 – 64  |                         |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов   | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Мобильная радиосвязь: шумовые характеристики, спектральная и энергетическая эффективность, сбалансированный дуплекс: Учебное пособие для лекционных и практических занятий, курсового проектирования, самостоятельной работы студентов радиотехнических специальностей / С. В. Мелихов - 2015. 51 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5113>.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Космические и наземные системы радиосвязи и сети телерадиовещания: Учебное пособие / А. С. Вершинин, Ж. Т. Эрдынеев - 2013. 184 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/3449>.

2. Системы мобильной связи: Введение в профиль: Учебное пособие для лекционных, практических занятий, самостоятельной работы / С. В. Мелихов, И. А. Колесов - 2016. 155 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6158>.

3. Введение в профиль «Системы мобильной связи»: Учебное пособие для лекционных, практических занятий, самостоятельной работы студентов радиотехнических специальностей / Д. О. Ноздреватых, С. В. Мелихов, Б. Ф. Ноздреватых, И. А. Колесов - 2019. 155 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/9042>.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Мобильная радиосвязь: чувствительность аналоговых и цифровых приемных устройств, энергетическая и спектральная эффективность различных видов манипуляции, сбалансированный дуплекс: Учебное пособие для лекционных и практических занятий, курсового проектирования, самостоятельной работы студентов радиотехнических специальностей / С. В. Мелихов - 2018. 54 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8906>.

2. Трафик, емкость и устойчивость систем мобильной связи: Учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования для студентов радиотехнических специальностей / С. В. Мелихов - 2014. 13 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4134>.

### **7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### **7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>.

## **8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

### **8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### **8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Специализированная учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ); 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 427 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнито-маркерная;
- Компьютер;
- Плазменная панель;
- Сервер (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- Microsoft Windows XP;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- Scilab;

### **8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Специализированная учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ); 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 427 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнито-маркерная;
- Компьютер;
- Плазменная панель;
- Сервер (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- Microsoft Windows XP;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- Qucs;
- Scilab;

### **8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для курсового проекта**

Специализированная учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ); 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 427 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнито-маркерная;
- Компьютер;
- Плазменная панель;
- Сервер (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- AVAST Free Antivirus;
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- Microsoft Windows XP;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- Scilab;

### **8.5. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

## **8.6. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## **9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

### **9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации**

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины   | Формируемые компетенции  | Формы контроля             | Оценочные материалы (ОМ)                     |
|--|--------------------------|----------------------------|--|
| 1 История развития систем мобильной связи (СМС).<br>Методы множественного доступа в СМС. | ПКР-22,<br>ПКР-23, ПКС-1 | Отчет по курсовому проекту | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
|  |                          | Лабораторная работа        | Темы лабораторных работ                      |
|  |                          | Тестирование               | Примерный перечень тестовых заданий          |
|  |                          | Экзамен                    | Перечень экзаменационных вопросов            |

|  |                          |                            |  |
|--|--------------------------|----------------------------|--|
| 2 Общие принципы построения СМС.                                     | ПКР-22,<br>ПКР-23, ПКС-1 | Отчет по курсовому проекту | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
|  |                          | Тестирование               | Примерный перечень тестовых заданий          |
|  |                          | Экзамен                    | Перечень экзаменационных вопросов            |
| 3 Параметры радиоканала. Модели предсказания уровня сигнала для СМС. | ПКР-22,<br>ПКР-23, ПКС-1 | Отчет по курсовому проекту | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
|  |                          | Тестирование               | Примерный перечень тестовых заданий          |
|  |                          | Экзамен                    | Перечень экзаменационных вопросов            |
| 4 Методы частотнотерриториального планирования СМС.                  | ПКР-22,<br>ПКР-23, ПКС-1 | Отчет по курсовому проекту | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
|  |                          | Тестирование               | Примерный перечень тестовых заданий          |
|  |                          | Экзамен                    | Перечень экзаменационных вопросов            |
| 5 Виды цифровой манипуляции.   | ПКР-22,<br>ПКР-23, ПКС-1 | Отчет по курсовому проекту | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
|  |                          | Лабораторная работа        | Темы лабораторных работ                      |
|  |                          | Тестирование               | Примерный перечень тестовых заданий          |
|  |                          | Экзамен                    | Перечень экзаменационных вопросов            |
| 6 Расчет линий СМС при заданном качестве.                            | ПКР-22,<br>ПКР-23, ПКС-1 | Отчет по курсовому проекту | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
|  |                          | Тестирование               | Примерный перечень тестовых заданий          |
|  |                          | Экзамен                    | Перечень экзаменационных вопросов            |
| 7 Трафик и емкость сотовых СМС.                                      | ПКР-22,<br>ПКР-23, ПКС-1 | Отчет по курсовому проекту | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
|  |                          | Тестирование               | Примерный перечень тестовых заданий          |
|  |                          | Экзамен                    | Перечень экзаменационных вопросов            |

|   |                       |                            |  |
|---|-----------------------|----------------------------|--|
| 8 Соединительные линии (СЛ) базовых и центральных станций, устойчивость соединения в СМС. | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 | Отчет по курсовому проекту | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
|   |                       | Тестирование               | Примерный перечень тестовых заданий          |
|   |                       | Экзамен                    | Перечень экзаменационных вопросов            |
| 9 СМС стандарта GSM. Особенности других стандартов.                                       | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 | Отчет по курсовому проекту | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
|   |                       | Лабораторная работа        | Темы лабораторных работ                      |
|   |                       | Тестирование               | Примерный перечень тестовых заданий          |
|   |                       | Экзамен                    | Перечень экзаменационных вопросов            |
| 10 Системы персональной спутниковой связи.  | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 | Отчет по курсовому проекту | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
|   |                       | Тестирование               | Примерный перечень тестовых заданий          |
|   |                       | Экзамен                    | Перечень экзаменационных вопросов            |
| 11 Проектирование системы мобильной связи   | ПКР-22, ПКР-23, ПКС-1 | Отчет по курсовому проекту | Примерный перечень тематик курсовых проектов |
|   |                       | Тестирование               | Примерный перечень тестовых заданий          |
|   |                       | Экзамен                    | Перечень экзаменационных вопросов            |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка                     | Баллы за ОМ                                | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения |   |  |
|----------------------------|--|---|---|--|
|                            |  | знать   | уметь   | владеть  |
| 2<br>(неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов         | отсутствие знаний или фрагментарные знания  | отсутствие умений или частично освоенное умение             | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков    |
| 3<br>(удовлетворительно)   | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания   | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков |

|             |  |   |  |  |
|-------------|--|---|--|--|
| 4 (хорошо)  | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично) | ≥ 90% от максимальной суммы баллов         | сформированные систематические знания                   | сформированное умение                                    | успешное и систематическое применение навыков                        |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка                     | Формулировка требований к степени компетенции  |
|----------------------------|--|
| 2<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне <b>ориентирования</b> , представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3<br>(удовлетворительно)   | Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.   |
| 4 (хорошо)                 | Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.   |
| 5 (отлично)                | Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.                             |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| 1.   | 1 | Формула для расстояния прямой видимости при распространении радиоволн Ultra High Frequency (UHF) | $d_{LOS} [км] \approx 3,6 (\sqrt{h_n [м]} + \sqrt{h_{sp} [м]})$ |
| $d_{LOS} [км] \approx 10 (\sqrt{h_n [м]} + \sqrt{h_{sp} [м]})$   |   |  |   |
| $d_{LOS} [км] \approx 6,28 (\sqrt{h_n [м]} + \sqrt{h_{sp} [м]})$ |   |  |   |
| $d_{LOS} [км] \approx 2,72 (\sqrt{h_n [м]} + \sqrt{h_{sp} [м]})$ |   |  |   |
| 2.   | 2 | Формула для расчета ослабления радиосигнала (ослабления радиоволны) в свободном пространстве     | $L_o = (4 \pi r / \lambda)^5$                                   |
| $L_o = (4 \pi r / \lambda)^3$                                    |   |  |   |
| $L_o = (4 \pi r / \lambda)^4$                                    |   |  |   |
| $L_o = (4 \pi r / \lambda)^2$                                    |   |  |   |

- 3.
- |   |   |                 |
|---|---|-----------------|
| 3 | Дальность радиосвязи над водной поверхностью по сравнению с дальностью радиосвязи над сушей | меньше в 2 раза |
|   |   | такая же        |
|   |   | больше          |
|   |   | меньше в 5 раз  |
- 4.
- |   |  |                      |
|---|--|----------------------|
| 4 | Вид формул в моделях Окамуры-Хата для ослабления радиоволны в зависимости от дальности $r$ | $L_p = A + B \lg(r)$ |
|   |  | $L_p = A + B r$      |
|   |  | $L_p = A - B r$      |
|   |  | $L_p = A + B / r$    |
- 5.
- |   |   |   |
|---|---|---|
| 5 | Частотный план каналов "Вверх" ("Uplink") стандарта GSM-900 выражается формулой | $f_{ni} = (890 + i \cdot 0,2) \text{ МГц}$ при $1 \leq i \leq 124$  |
|   |   | $f_{ni} = (890 + i \cdot 0,5) \text{ МГц}$ при $1 \leq i \leq 124$  |
|   |   | $f_{ni} = (890 + i \cdot 0,2) \text{ МГц}$ при $1 \leq i \leq 374$  |
|   |   | $f_{ni} = (1805 + i \cdot 0,2) \text{ МГц}$ при $1 \leq i \leq 124$ |
- 6.
- |   |   |  |
|---|---|--|
| 6 | Сотовая структура расположения базовых станций (БС) позволяет | использовать одну и ту же частотную группу во всех сотах                             |
|   |   | многократно использовать одни и те же частотные группы в одноименных сотах кластеров |
|   |   | использовать всего лишь одну частоту во всех сотах                                   |
|   |   | использовать одни и те же частотные группы во всех сотах                             |
- 7.
- |   |   |       |
|---|---|-------|
| 7 | Количество мешающих базовых станций (БС) в однородной (регулярной) многосотовой структуре, которые образуют соканальные помехи, характеризуемые параметром SIR (Signal Interference Ratio), – | одна  |
|   |   | две   |
|   |   | шесть |
|   |   | три   |
- 8.
- |   |   |   |
|---|---|---|
| 8 | Формула для расчета средней интенсивности трафика $A[\text{Эрл}]$ на основе средней частоты поступления вызовов $\langle \lambda \rangle$ и средней продолжительности одного вызова $\langle T \rangle$ | $A[\text{Эрл}] = \langle \lambda \rangle / \langle T \rangle$       |
|   |   | $A[\text{Эрл}] = \langle \lambda \rangle \cdot \langle T \rangle$   |
|   |   | $A[\text{Эрл}] = \langle \lambda \rangle \cdot \langle T \rangle^2$ |
|   |   | $A[\text{Эрл}] = \langle \lambda \rangle / \langle T \rangle^2$     |
- 9.
- |   |   |   |
|---|---|---|
| 9 | Реальная чувствительность радиоприемника мобильной станции (МС) характеризует | минимальную мощность полезного сигнала в антенне, при которой в исполнительном устройстве обеспечивается требуемое качество приема            |
|   |   | минимальную мощность полезного сигнала в антенне, при которой в исполнительном устройстве обеспечивается отношение сигнал-шум, равное единице |
|   |   | минимальную мощность шума в антенне, при которой в исполнительном устройстве обеспечивается отношение сигнал-шум, равное единице              |
|   |   | минимальную мощность шума в антенне, при которой в исполнительном устройстве обеспечивается требуемое качество приема                         |
- 10.
- |    |  |                  |
|----|--|------------------|
| 10 | Для цифрового потока с длительностью бита $T_b$ необходимая полоса обработки канала связи по Найквисту | $B_N = 1 / T_b$  |
|    |  | $B_N = 1 / 2T_b$ |
|    |  | $B_N = 2 / T_b$  |
|    |  | $B_N = 1 / 4T_b$ |



### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. История развития СМС. Поколения СМС (1G, 2G, 2,5G, 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.

### 9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты курсового проекта

1. Системы подвижной связи первого, второго, третьего и четвертого поколений (1G, 2G, 2,5G, 3G, 4G). Их особенности и технические параметры.
2. Множественных доступов с частотным (FDMA), с временным (TDMA), с кодовым (CDMA) разделением каналов.
3. Совмещенные множественные доступы. Сети с макросотовой, микросотовой и пикосотовой структурой.
4. Сведения о международных, федеральных и региональных стандартах на СМС.
5. Виды станций сети: центральная (ЦС), базовая (БС), мобильная (МС).
6. Центры коммутации подвижной связи. Центры управления и обслуживания.
7. Аутентификация, хэндовер, роуминг абонента в СМС.
8. Виды услуг, предоставляемых в сетях СМС.
9. Особенности распространения радиоволн при различном рельефе местности.
10. Быстрые и медленные замирания сигнала при движении МС.
11. Модели Окамуры, Окамуры-Хата и Уолфиша Икегами по предсказанию уровня сигнала в больших и малых сотах.
12. Проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС).
13. Территориальное планирование.
14. Кластер и его размерность, частотные группы кластера.
15. Параметр «Signal Interference Ratio» (SIR), его расчет.
16. Частотное планирование.
17. Планы частот: аналоговой системы NMT, цифровой системы GSM.
18. Определение максимального числа обслуживаемых абонентов в соте.

### 9.1.4. Примерный перечень тематик курсовых проектов

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.

### 9.1.5. Темы лабораторных работ

1. Исследование технологии FDMA.
2. Исследование MSK модема (классическая реализация).
3. Система сотовой связи стандарта GSM-900.
4. Структура логических каналов управления и алгоритмы функционирования системы GSM.
5. Интерфейсы, терминальное оборудование, структура кадров и формирование сигналов в стандарте GSM.
6. Подавление межсимвольной интерференции эквалайзером.

### 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### 9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов                                       | Формы контроля и оценки результатов обучения    |
|-----------------------|--|---|
| С нарушениями слуха   | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка             |
| С нарушениями зрения  | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам                          | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |

|   |   |  |
|---|---|--|
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата   | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами  |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы         | Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

#### **9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС  
протокол № 3 от «19» 11 2019 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                          | Инициалы, фамилия | Подпись  |
|------------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. РТС    | С.В. Мелихов      | Согласовано,<br>385c9e7d-2407-461d-<br>8604-80cee7018227 |
| Заведующий обеспечивающей каф. РТС | С.В. Мелихов      | Согласовано,<br>385c9e7d-2407-461d-<br>8604-80cee7018227 |
| Начальник учебного управления      | Е.В. Саврук       | Согласовано,<br>fa63922b-1fce-4aba-<br>845d-9ce7670b004c |

### ЭКСПЕРТЫ:

|                                 |                  |  |
|---------------------------------|------------------|--|
| Доцент, каф. РТС                | В.А. Громов      | Согласовано,<br>bbaa5b2b-4c38-484f-<br>a5bb-85f9ddafe277 |
| Старший преподаватель, каф. РТС | Д.О. Ноздреватых | Согласовано,<br>bd0039b0-9c48-4859-<br>9803-60c9ddba7116 |

### РАЗРАБОТАНО:

|                                 |                  |  |
|---------------------------------|------------------|--|
| Профессор, каф. РТС             | С.В. Мелихов     | Разработано,<br>385c9e7d-2407-461d-<br>8604-80cee7018227 |
| Старший преподаватель, каф. РТС | Д.О. Ноздреватых | Разработано,<br>bd0039b0-9c48-4859-<br>9803-60c9ddba7116 |