

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: Семенов 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 беспроводной связи и "Интернета вещей"**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**

Кафедра: **Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР)**

Курс: **4**

Семестр: **7**

Учебный план набора 2021 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	26	26	часов
Практические занятия	36	36	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	36	36	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	16	16	часов
Самостоятельная работа	30	30	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость	144	144	часов
(включая промежуточную аттестацию)	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен	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) (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.02.14.

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-1. Способен к развитию коммутационных подсистем и сетевых платформ, сетей передачи данных, транспортных сетей и сетей радиодоступа, спутниковых систем связи	ПКР-1.1. Знает принципы построения и работы сетей связи и протоколов сигнализации, стандарты качества передачи данных, голоса и видео, применяемых в организации сети связи; законодательство Российской Федерации в области связи, принципы работы и архитектура различных геоинформационных систем.	знать принципы работы и особенности организации современных систем мобильной систем связи, способы оценки размеров зон обслуживания базовых станций, особенности частотного планирования.
	ПКР-1.2. Умеет анализировать статистические параметры трафика, проводить расчет интерфейсов внутренних направлений сети, вырабатывать решения по оперативному переконфигурированию сети, изменению параметров коммутационной подсистемы, сетевых платформ и оборудования новых технологий; изменять параметры коммутационной подсистемы, маршрутизации трафика, прописки кодов маршрутизации, организации новых и расширении имеющихся направлений 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.
	ПКР-1.3. Умеет анализировать статистику основных показателей эффективности радиосистем и систем передачи данных, разрабатывать мероприятия по их поддержанию на требуемом уровне, выполнять расчет пропускной способности сетей телекоммуникаций.	уметь проводить натурный эксперимент по измерению основных характеристик базовых и мобильных станций.
	ПКР-1.4. Владеет навыками разработки схемы организации связи и интеграции новых сетевых элементов, построения и расширения коммутационной подсистемы и сетевых платформ, работы на коммутационном оборудовании по обеспечению реализации услуг, развертыванию оборудования сервисных платформ, оборудования новых технологий на сети, выполнению планов по расширению существующего оборудования сетевых платформ и новых технологий.	владеть первичными навыками настройки и регулировки аппаратуры систем мобильной связи при производстве, установке и технической эксплуатации.
	ПКР-1.5. Владеет навыками сопровождения геоинформационных баз данных по сети радиодоступа, информационной поддержки расчетов радиопокрытия, радиорелейных и спутниковых трасс и частотно-территориального планирования в части использования картографической информации.	Владеть навыками информационной поддержки расчетов радиопокрытия, радиорелейных и спутниковых трасс и частотно-территориального планирования в части использования картографической информации.

ПКР-4. Способность осуществлять мониторинг состояния и проверку качества работы, проведение измерений и диагностику ошибок и отказов телекоммуникационного оборудования, сетевых устройств, программного обеспечения инфокоммуникаций	ПКР-4.1. Знает методику и средства измерений, используемые для контроля качества работы оборудования, трактов и каналов передачи, программное обеспечение оборудования, документацию по системам качества работы предприятий связи.	Знать способы расчета электромагнитной совместимости и оценки трафика в кластере базовых станций; основные стандарты мобильной связи.
	ПКР-4.2. Умеет анализировать результаты и устанавливать соответствие параметров работы оборудования действующим отраслевым нормативам.	Уметь анализировать полученные результаты и устанавливать соответствие параметров работы оборудования систем связи по действующим нормативным актам и нормативам.
	ПКР-4.3. Владеет навыками инструментальных измерений, используемых в области телекоммуникаций, и оценки их соответствия техническим нормам и параметрам оборудования и каналов передачи установленным эксплуатационно-техническим нормам, ведения документации по результатам измерений.	Владеть навыками инструментальных измерений телекоммуникационного оборудования, вести документацию по результатам измерений.

#### 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 4 зачетных единиц, 144 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>	78	78
Лекционные занятия	26	26
Практические занятия	36	36
Лабораторные занятия	16	16
<b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	30	30
Подготовка к тестированию	22	22
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	8	8
<b>Подготовка и сдача экзамена</b>	36	36
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	144	144
<b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>	4	4

#### 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.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
	7 семестр					
<b>7 семестр</b>						

1 История развития систем мобильной связи (СМС). Методы множественного доступа в СМС.	2	-	4	4	10	ПКР-1, ПКР-4
2 Общие принципы построения СМС.	2	-	-	2	4	ПКР-1, ПКР-4
3 Параметры радиоканала. Модели предсказания уровня сигнала для СМС.	2	16	-	2	20	ПКР-1, ПКР-4
4 Методы частотнотерриториального планирования СМС.	2	8	-	2	12	ПКР-1, ПКР-4
5 Виды цифровой манипуляции.	4	-	4	4	12	ПКР-1, ПКР-4
6 Расчет линий СМС при заданном качестве.	2	4	-	2	8	ПКР-1, ПКР-4
7 Трафик и емкость сотовых СМС.	2	4	-	2	8	ПКР-1, ПКР-4
8 Соединительные линии (СЛ) базовых и центральных станций, устойчивость соединения в СМС.	2	-	-	2	4	ПКР-1, ПКР-4
9 СМС стандарта GSM. Особенности других стандартов.	4	-	8	6	18	ПКР-1, ПКР-4
10 Системы персональной спутниковой связи.	2	4	-	2	8	ПКР-1, ПКР-4
11 Проектирование системы мобильной связи	2	-	-	2	4	ПКР-1, ПКР-4
Итого за семестр	26	36	16	30	108	
Итого	26	36	16	30	108	

## 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-1, ПКР-4
	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-1, ПКР-4
	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 МС. Модели Окамуры, Окамуры-Хата и Уолфиша Икегами по предсказанию уровня сигнала в больших и малых сотах.	2	ПКР-1, ПКР-4
	Итого	2	
4 Методы частотно-территориального 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-1, ПКР-4
	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 $\pi/4$ (П/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-1, ПКР-4
	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-1, ПКР-4
	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-1, ПКР-4
	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-1, ПКР-4
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-1, ПКР-4
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-1, ПКР-4
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-1, ПКР-4
	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-1, ПКР-4
	Модели предсказания уровня сигнала для определения зон обслуживания для сотовых систем подвижной связи.	8	ПКР-1, ПКР-4
	Итого	16	
4 Методы частотнотерриториального планирования СМС.	Электромагнитная совместимость и особенности частотного планирования в сотовых системах подвижной связи.	8	ПКР-1, ПКР-4
	Итого	8	
6 Расчет линий СМС при заданном качестве.	Шумовые характеристики и энергетическая эффективность сотовых систем связи при различных видах модуляции.	4	ПКР-1, ПКР-4
	Итого	4	
7 Трафик и емкость сотовых СМС.	Трафик и емкость сотовых систем мобильной связи.	4	ПКР-1, ПКР-4
	Итого	4	
10 Системы персональной спутниковой связи.	Расчет диаграмм уровней персональной спутниковой связи.	4	ПКР-1, ПКР-4
	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-1, ПКР-4
	Итого	4	
5 Виды цифровой манипуляции.	Исследование MSK модема (классическая реализация).	4	ПКР-1, ПКР-4
	Итого	4	
9 СМС стандарта GSM. Особенности других стандартов.	Система сотовой связи стандарта GSM-900.	4	ПКР-1, ПКР-4
	Структура логических каналов управления и алгоритмы функционирования системы GSM.	4	ПКР-1, ПКР-4
	Итого	8	
Итого за семестр		16	
Итого		16	

#### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

#### 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). Методы множественного доступа в СМС.	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ПКР-4	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПКР-1, ПКР-4	Лабораторная работа
	Итого	4		
2 Общие принципы построения СМС.	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ПКР-4	Тестирование
	Итого	2		

3 Параметры радиоканала. Модели предсказания уровня сигнала для СМС.	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ПКР-4	Тестирование
	Итого	2		
4 Методы частотнотерриториального планирования СМС.	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ПКР-4	Тестирование
	Итого	2		
5 Виды цифровой манипуляции.	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ПКР-4	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПКР-1, ПКР-4	Лабораторная работа
	Итого	4		
6 Расчет линий СМС при заданном качестве.	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ПКР-4	Тестирование
	Итого	2		
7 Трафик и емкость сотовых СМС.	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ПКР-4	Тестирование
	Итого	2		
8 Соединительные линии (СЛ) базовых и центральных станций, устойчивость соединения в СМС.	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ПКР-4	Тестирование
	Итого	2		
9 СМС стандарта GSM. Особенности других стандартов.	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ПКР-4	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПКР-1, ПКР-4	Лабораторная работа
	Итого	6		
10 Системы персональной спутниковой связи.	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ПКР-4	Тестирование
	Итого	2		
11 Проектирование системы мобильной связи	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ПКР-4	Тестирование
	Итого	2		
Итого за семестр		30		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		66		

### 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.	Сам. раб.	
ПКР-1	+	+	+	+	Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен
ПКР-4	+	+	+	+	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

### 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 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.

### **8.5. 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). Методы множественного доступа в СМС.	ПКР-1, ПКР-4	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Общие принципы построения СМС.	ПКР-1, ПКР-4	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

3 Параметры радиоканала. Модели предсказания уровня сигнала для СМС.	ПКР-1, ПКР-4	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Методы частотнотерриториального планирования СМС.	ПКР-1, ПКР-4	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
5 Виды цифровой манипуляции.	ПКР-1, ПКР-4	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
6 Расчет линий СМС при заданном качестве.	ПКР-1, ПКР-4	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
7 Трафик и емкость сотовых СМС.	ПКР-1, ПКР-4	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
8 Соединительные линии (СЛ) базовых и центральных станций, устойчивость соединения в СМС.	ПКР-1, ПКР-4	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
9 СМС стандарта GSM. Особенности других стандартов.	ПКР-1, ПКР-4	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
10 Системы персональной спутниковой связи.	ПКР-1, ПКР-4	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
11 Проектирование системы мобильной связи	ПКР-1, ПКР-4	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 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (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 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или 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 (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)	$d_{LOS} [км] \approx 3,6 (\sqrt{h_n [м]} + \sqrt{h_{np} [м]})$
$d_{LOS} [км] \approx 10 (\sqrt{h_n [м]} + \sqrt{h_{np} [м]})$			
$d_{LOS} [км] \approx 6,28 (\sqrt{h_n [м]} + \sqrt{h_{np} [м]})$			
$d_{LOS} [км] \approx 2,72 (\sqrt{h_n [м]} + \sqrt{h_{np} [м]})$			
2.	2	Формула для расчета ослабления радиосигнала (ослабления радиоволны) в свободном пространстве	$L_o = (4 \pi r / \lambda)^2$
$L_o = (4 \pi r / \lambda)^3$			
$L_o = (4 \pi r / \lambda)^4$			
$L_o = (4 \pi r / \lambda)^2$			
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	$f_{ni} = (890 + i \cdot 0,2) МГц$ при $1 \leq i \leq 124$
$f_{ni} = (890 + i \cdot 0,5) МГц$ при $1 \leq i \leq 124$			
$f_{ni} = (890 + i \cdot 0,2) МГц$ при $1 \leq i \leq 374$			
$f_{ni} = (1805 + i \cdot 0,2) МГц$ 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
множественно 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  $/4$  ( $/4$  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. 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.

### 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 № 4 от «19» 11 2020 г.

### СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ТОР	Е.В. Рогожников	Согласовано, b84f9d06-d731-4645- a26c-4b95ce5bb9b9
Заведующий обеспечивающей каф. РТС	А.А. Мещеряков	Согласовано, 5bbb058c-a625-4513- 8e7f-25eb16694704
Начальник учебного управления	Е.В. Саврук	Согласовано, fa63922b-1fce-4aba- 845d-9ce7670b004c

### ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. ТОР	Я.В. Крюков	Согласовано, c2550210-7b25-4114- bb78-df4c7513eecf
Старший преподаватель, каф. РТС	Д.О. Ноздреватых	Согласовано, bd0039b0-9c48-4859- 9803-60c9ddba7116

### РАЗРАБОТАНО:

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