

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



Проректор по учебной работе

Документ подписан электронной подписью  
 Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820  
 Владелец: Троян Павел Ефимович  
 Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

роян  
б г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Системы мобильной связи на основе шумоподобных сигналов»**

Уровень основной образовательной программы: *академический бакалавриат*

Направление подготовки:

*11.03.02 – «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»*

Профиль: *Системы мобильной связи*

Форма обучения: *очная*

Факультет: *РТФ (радиотехнический)*

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

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

Курс: 4

Семестр: 8

Учебные планы набора 2013, 2014, 2015 гг.

**Распределение рабочего времени**

№	Виды учебной работы	Семестр 7	Семестр 8		Всего	Единицы
1.	Лекции (Л)		22		22	час.
2.	Лабораторные работы (ЛР)					час.
3.	Практические занятия (ПЗ)		32		32	час.
4.	Курсовой проект - контроль самостоятельной работы (КП-КСР) студентов (аудиторный)					час.
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)		54		54	час.
6.	Из них в интерактивной форме		11		11	час.
7.	Самостоятельная работа (СР) студентов		54		54	час.
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)		108		108	час.
9.	СР на подготовку и сдачу экзамена		36		36	час.
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)		144		144	час.
	(в зачетных единицах)		4		4	ЗЕТ

Зачет: не предусмотрен

Диф. зачет: не предусмотрен

Экзамен: 8 семестр

Томск 2016

**Лист согласований**

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

Разработчик: зав. кафедрой РТС

Мелихов С.В.

Зав. обеспечивающей и выпускающей кафедрой РТС

Мелихов С.В.

Рабочая программа согласована с факультетом и профилирующей кафедрой направления подготовки.

Декан РТФ

Попова К.Ю.

Зав. профилирующей кафедрой ТОР

Демидов А.Я.

Эксперт:

Доцент кафедры РТС

Кологривов В.А.

## 1. Цели и задачи дисциплины «Системы мобильной связи на основе шумоподобных сигналов» (СМСШПС)

Цели дисциплины: рассмотрение принципов работы и особенностей организации современных систем мобильной связи (СМС) на основе технологии с кодовым разделением каналов связи (CDMA – Code Division Multiple Access)

Задачи дисциплины: обучение студентов комплексному техническому мышлению на примерах изучения принципов работы устройств и систем технологии CDMA для передачи информации с учетом особенностей формирования, передачи, приема и обработки шумоподобных радиосигналов; формирование профессиональных компетенций по направлению подготовки в соответствии с требованиями «Основной профессиональной образовательной программы» (ОПОП).

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина СМСШПС является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 учебного плана (Б1.В.ДВ.5.1) и ее изучение строится на основе знания студентами комплекса вопросов, изученных в дисциплинах: Теория вероятностей и математическая статистика; Математические методы описания сигналов; Прикладные математические методы в радиотехнике; Статистическая теория инфокоммуникационных систем; Общая теория связи; Вычислительная техника; Цифровая обработка сигналов; Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей; Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства систем мобильной связи; Радиопередающие устройства систем мобильной связи; Радиоприемные устройства систем мобильной связи; Теоретические основы систем мобильной связи; Сети и системы мобильной связи.

Знания, полученные при изучении дисциплины СМСШПС, должны способствовать овладению материалами дисциплин Информационные технологии и Устройства преобразования и обработки информации систем мобильной связи, изучаемых в том же семестре.

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

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

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

умением 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 (ПК-9);

готовностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования (ПК-16).

### В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** принципы формирования цифровых шумоподобных сигналов, об их искажениях при прохождении канала передачи;

принципы работы устройств и блоков систем формирования, передачи и приема шумоподобных сигналов, понимать физические процессы, происходящие в них.

**Уметь:** использовать естественнонаучные законы, применять методы математического анализа и моделирования при теоретических и экспериментальных исследованиях;

применять на практике методы анализа и расчета основных узлов CDMA-систем;

разрабатывать и обосновывать соответствующие техническому заданию и современному уровню развития теории и техники структурные схемы CDMA-систем.

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

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **4** зачетных единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		7	8		
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>54</b>		<b>54</b>		
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции (Л)	22		22		
Лабораторные работы (ЛР)					
Практические занятия (ПЗ)	32		32		
Семинары (С)					
Коллоквиумы (К)					
Курсовой проект - контроль самостоятельной работы (КП-КСР) студентов (аудиторный)					
<i>Другие виды аудиторной работы</i>					
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>54</b>		<b>54</b>		
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (самостоятельная работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Проработка лекционного материала	10		10		
Подготовка к ЛР, составление и защита отчета					
Подготовка к ПЗ	36		36		
Подготовка к контрольным работам (КТР)	8				
<b>Вид промежуточной аттестации (экзамен)</b>	<b>36</b>		<b>36</b>		
Общая трудоемкость, час.	144		144		
Зачетные Единицы Трудоемкости (ЗЕТ)	4		4		

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	СР (Л+ПЗ++КТР), час. (без экзам.)	Всего, час. (без экзам.)	Формируемые компетенции
1	Асинхронный и синхронный множественный доступ при технологии CDMA. Псевдослучайные последовательности (ПСП), их свойства.	2		1+0+0=1	3	ПК-9; ПК-16
2	Цифровые автоматы (ЦА) для генерации ПСП любой длины. Функции Уолша, их свойства. Линейное весовое сложение цифровых потоков.	2	6	1+4+2=7	15	ПК-9; ПК-16
3	Методы формирования шумоподобных радиосигналов (ШПР). Передатчик ШПР с бинарной фазовой манипуляцией (Binary Phase Shift Keying – BPSK). Корреляционный приемник с обработкой ШПР на высокой частоте, его помехоустойчивость.	4	6	1+4+0=5	15	ПК-9; ПК-16
4	Достоинства радиосвязи на основе CDMA.	2	4	1+6+2=9	15	ПК-9; ПК-16
5	Корреляционный приемник с обработкой ШПР на уровне чиповой ПСП.	2	4	1+6+0=7	13	ПК-9; ПК-16

6	Характеристики системы мобильной связи (СМС) IS-95. Особенности прямого канала.	2	4	$1+4+2 = 7$	13	ПК-9; ПК-16
7	Архитектура прямого канала СМС IS-95.	2	4	$1+6+0 = 7$	13	ПК-9; ПК-16
8	Архитектура обратного канала СМС IS-95.	2	4	$1+6+2 = 9$	15	ПК-9; ПК-16
9	Регулировка мощности в СМС IS-95. RAKE-прием.	2		$1+0+0 = 1$	3	ПК-9; ПК-16
10	Хэндовер в СМС IS-95. Емкости СМС различных технологий. Перспективы развития СМС на основе технологии CDMA.	2		$1+0+0 = 1$	3	ПК-9; ПК-16
Всего		22	32	54	108	

## 5.2. Содержание разделов дисциплины по лекциям (Л, 22 час.)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудо-емкость, час.	Формируемые компетенции
1	Асинхронный и синхронный множественный доступ при технологии CDMA. Псевдослучайные последовательности (ПСП), их свойства.	Асинхронный и синхронный множественный доступ при технологии CDMA. Спектр и коэффициент расширения спектра (SF – Spreading Factor) импульсного (битового) сигнала. Шумоподобный импульсный сигнал, его SF и спектр. Спектр шумоподобного радиосигнала (ШПР). Автокорреляционная функция (АКФ) единичного импульса и его копии, сдвинутой во времени. Свойства АКФ. АКФ знакопеременных периодических псевдослучайных последовательностей (ПСП). Последовательности Хаффмена, Голда, Кассами, их свойства. Аperiodические последовательности Баркера.	2	ПК-9; ПК-16
2	Цифровые автоматы (ЦА) для генерации ПСП любой длины. Функции Уолша, их свойства. Линейное весовое сложение цифровых потоков.	Цифровые автоматы (ЦА) для генерации ПСП любой длины, порождающий полином ЦА. Управляемая «маска» в ЦА для генерации сдвинутой по времени реплики ПСП. Ортогональные функции Уолша, их формирование на основе матрицы Адамара, их свойства. Использование линейного весового сложения цифровых потоков для мультиплексирования многих каналов связи в передатчике.	2	ПК-9; ПК-16
3	Методы формирования шумоподобных радиосигналов (ШПР). Передатчик ШПР с бинарной фазовой манипуляцией (Binary Phase Shift Keying – BPSK). Корреляционный приемник с обработкой ШПР на высокой частоте, его помехоустойчивость.	Методы формирования ШПР: метод «прямой последовательности» (DS – Direct Sequence); метод «скачков по частоте» (FH – Frequency Hopping). Структурная схема передатчика ШПР с бинарной фазовой манипуляцией (Binary Phase Shift Keying – BPSK). Структурная схема корреляционного приемника с обработкой ШПР на высокой частоте (когерентная и согласованная селекция ШПР). Реакция коррелятора приемника на полезный (согласованный) и несогласованный ШПР, на узкополосную радиопомеху, на широкополосный тепловой шум. Зависимость запаса помехоустойчивости корреляционного приемника на помехи различного типа.	4	ПК-9; ПК-16
4	Достоинства радиосвязи на основе CDMA.	Достоинства радиосвязи на основе CDMA: энергетическая скрытность связи; защищенность от несанкционированного доступа; повышенная помехоустойчивость к различному виду помех; отсутствие жесткого ограничения количества пользователей радиоканала в отличие от технологий FDMA и TDMA; постепенное уменьшение качества приема при увеличении числа пользователей радиоканала.	2	ПК-9; ПК-16
5	Корреляционный приемник с обработкой ШПР на уровне чиповой ПСП.	Структурная схема корреляционного приемника с обработкой ШПР на уровне чиповой ПСП. Интегрирование чиповой ПСП с накоплением для демультимплексирования многих каналов связи в	2	ПК-9; ПК-16

		приемнике.		
6	Характеристики системы мобильной связи (СМС) IS-95. Особенности прямого канала.	Характеристики системы сотовой телефонии промежуточного стандарта (Interim Standard) IS-95. Архитектура прямого канала: базовая станция (БС) – мобильная станция (МС). Синхронный (ортогональный) доступ на линии «вниз» с использованием единого системного времени, различного циклического сдвига короткой ПСП, функций Уолша.	2	ПК-9; ПК-16
7	Архитектура прямого канала СМС IS-95.	Структурные схемы и особенности формирования на БС пилот-канала, канала синхронизации, канала персонального вызова, канала трафика. Линейное весовое сложение цифровых потоков для мультиплексирования многих каналов связи. Структурная схема когерентного приемника МС для канала трафика.	2	ПК-9; ПК-16
8	Архитектура обратного канала СМС IS-95.	Архитектура обратного канала: МС- БС. Асинхронный (неортогональный) доступ на линии «вверх» с использованием различного циклического сдвига длинной ПСП. Структурные схемы и особенности формирования на МС канала доступа и канала трафика.	2	ПК-9; ПК-16
9	Регулировка мощности в СМС IS-95. RAKE-прием.	Регулировка передаваемой мощности с обратной связью (ОС) в прямых каналах. Регулировка передаваемой мощности без ОС и с ОС в обратных каналах. Борьба с многолучевостью в системе IS-95: структурная схема и принцип действия RAKE-приемника (четырёхканального на БС и трёхканального на МС).	2	ПК-9; ПК-16
10	Хэндовер в СМС IS-95. Емкости СМС различных технологий. Перспективы развития СМС на основе технологии CDMA.	Принцип «мягкой» эстафетной передачи (хэндовера) в системе IS-95. Сравнительная оценка емкости сотовых систем связи технологий FDMA, TDMA, CDMA. Перспективы развития сотовых систем на основе технологии CDMA.	2	ПК-9; ПК-16
<b>Всего</b>			22	

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

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) дисциплин, а также использование полученных знаний по дисциплине РУСМС в обеспечиваемых (последующих) дисциплинах									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Предыдущие дисциплины</b>											
1	Теория вероятностей и математическая статистика	+	+	+		+					+
2	Математические методы описания сигналов	+		+	+	+	+	+	+		+
3	Статистическая теория инфокоммуникационных систем	+	+	+		+					
4	Общая теория связи	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5	Вычислительная техника		+	+		+					
6	Цифровая обработка сигналов	+	+	+		+				+	
7	Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей	+	+	+	+		+	+	+	+	+
8	Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства систем мобильной связи			+	+					+	+
9	Радиопередающие устройства систем мобильной связи		+	+	+		+	+	+	+	+
10	Радиоприемные устройства систем мобильной связи	+		+	+	+	+	+	+	+	+
11	Радиоавтоматика		+							+	

12	Теоретические основы систем мобильной связи	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13	Сети и системы мобильной связи	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Дисциплины, изучаемые в том же семестре (8 семестр)</b>											
1	Информационные технологии										+
2	Устройства преобразования и обработки информации систем мобильной связи	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

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

Перечень компетенций	Виды занятий					Формы контроля (детализация)
	Л	ЛР	ПЗ	КП	СР	
ПК-9, ПК-16	+		+		+	Проверка конспекта Л; проверка ДЗ, тесты и КТР на ПЗ

Л – лекции; ПЗ – практические и семинарские занятия; СР – самостоятельная работа студента

КТР – контрольные работы; ДЗ – домашние задания.

#### 6. Методы и формы организации обучения

##### Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах (11 час.)

Методы	Формы	Лекции, час.	Лабораторные работы, час.	Практические занятия, час.	Тренинг Мастер-класс, час.	Всего
	Мини-лекции, тесты			1		1
	Работа в команде			2		2
	Решение ситуационных задач	5		2		7
	Исследовательский метод			1		1
	Итого интерактивных занятий	5		6		11

#### 7. Лабораторные работы (не предусмотрены.)

#### 8. Практические занятия (ПЗ, 32 час.)

№ п/п	№ раздела дисциплины из табл. 5.1	Тематика практических занятий	Трудо-емкость, час.	Формируемые компетенции
1	2	Расчет и построение автокорреляционных функций корреляции псевдослучайных последовательностей (ПСП) Хафмена, Голда, Баркера, функций Уолша.	6	ПК-9; ПК-16
2	3	Расчет чувствительности корреляционного приемника.	6	ПК-9; ПК-16
3	4	Оценка помехоустойчивости корреляционного приемника.	4	ПК-9; ПК-16
4	5	Расчет реакции интегратора со сбросом на чиповые последовательности различной длины.	4	ПК-9; ПК-16
5	6	Расчет энергетических параметров прямого канала СМС IS-95.	4	ПК-9; ПК-16
6	7	Частотно-территориальное планирование СМС на основе технологии CDMA.	4	ПК-9; ПК-16
7	8	Расчет энергетических параметров обратного канала СМС IS-95.	4	ПК-9; ПК-16

#### 9. Курсовой проект - контроль самостоятельной работы (КП-КСР) студентов (не предусмотрен)

#### 10. Самостоятельная работа (СР, 54 час.), СР на подготовку и сдачу экзамена (36 час.), всего СР 90 час.

№ п/п	№ раздела дисциплины из табл. 5.1	Тематика самостоятельной работы (детализация)	Трудо-емкость, час.	Компетенции	Контроль выполнения работы (опрос, тест, дом. задание и т.п.)
1	1-10	Проработка материала Л.	10	ПК-9; ПК-16	Тест контроль
2	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	Подготовка к ПЗ, выполнение ДЗ по темам, указанным в таблице 8, подготовка к КТР.	44	ПК-9; ПК-16	Проверка ДЗ, проведение КТР
3	1-10	Подготовка и сдача экзамена.	36	ПК-9; ПК-16	Экзамен
<b>Всего СР</b>			<b>90</b>		

#### 11. Примерная тематика курсовых проектов (курсовой проект не предусмотрен)

## 12. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

**Таблица 12.1.** Балльные оценки для элементов контроля Л, ЛР, ПЗ

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ	Максимальный балл за период между 1КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Посещение Л	15	5	<b>20</b>
Посещение ПЗ	15	5	<b>20</b>
Выполнение работ по ПЗ	10	5	<b>15</b>
Компонент своевременности по ПЗ	10	5	<b>5</b>
<b>Итого за период (макс.)</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>70</b>
Сдача экзамена (макс.)			<b>30</b>
<b>Нарастающим итогом (макс.)</b>	<b>50</b>	<b>70</b>	<b>100</b>

**Таблица 12.2.** Пересчет баллов в оценки за контрольные точки (КТ)

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

**Таблица 12.3.** Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

## 13. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 13.1. Основная литература

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

### 13.2. Дополнительная литература

2. Иванов В.И., Гордиенко В.Н., Попов Г.Н. и др. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 231 с. (101 экз.).
3. Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С. Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики: Учебное пособие. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 392 с. (42 экз.).
4. Весоловский Кшиштоф. Системы подвижной радиосвязи / Пер. с польск. И.Д. Рудинского; под ред. А.И. Ледовского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 536 с. (30 экз.).
5. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра: Пер. с англ. / Под ред. В.И. Журавлева. – М.: Радио и связь, 2000. – 520 с. (25 экз.).
6. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: ЭКО-ТРЭНДЗ, 1998. – 239 с. (5 экз.).
7. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 292 с. (23 экз.).
8. Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами: Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2002. – 440 с. (72 экз.).
9. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Изд. Дом Вильямс, 2004. – 1099 с. (18 экз.).
10. Галкин В.А. Цифровая мобильная радиосвязь: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 432 с. (1 экз.).
11. Мелихов С.В. Аналоговое и цифровое радиовещание [Электронный ресурс]: Учебное пособие. Издание третье, исправленное. – Томск: Томский гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 233 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/5457>).



12. Мелихов С.В. Аналоговое и цифровое радиовещание: Учебное пособие. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2002. – 251 с. (80 экз.).

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

#### **13.3.1. УМП для ПЗ и СР при подготовке к ним**

13. Мелихов С.В. Радиосвязь на основе шумоподобных сигналов (Часть 1) [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по материалам лекционных занятий, практических занятий, для курсового проектирования и самостоятельной работы студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 32 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/4135>).
14. Мелихов С.В. Мобильная радиосвязь: шумовые характеристики, спектральная и энергетическая эффективность, сбалансированный дуплекс [Электронный ресурс]: Учебное пособие для лекционных и практических занятий, курсового проектирования, самостоятельной работы студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 51 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/5113>).
15. Мелихов С.В. Частотное планирование и электромагнитная совместимость систем мобильной связи [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 13 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/4129>).
16. Мелихов С.В. Трафик, емкость и устойчивость систем мобильной связи [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 13 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/4134>).
17. Мелихов С.В. Чувствительность радиоприемных устройств [Электронный ресурс]: Учебное пособие для лекционных и практических занятий, курсового проектирования, самостоятельной работы студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 99 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/5109>).
18. Мелихов С.В., Титов А.А. Радиовещание, радиосвязь и электроакустика [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и курсовому проектированию для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 49 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1335>).
19. Кологривов В.А., Мелихов С.В. Самостоятельная работа студента при изучении дисциплин математическо-естественнонаучного, общепрофессионального (профессионального), специального циклов [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по самостоятельной работе. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 9 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1845>).

#### **13.3.2. Программное обеспечение**

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

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

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

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

1. Типы множественного (многостанционного) доступа на основе технологии кодового разделения каналов связи (CDMA).
2. Спектр и база (коэффициент расширения спектра – SF – Spreading Factor) импульсного (битового) сигнала. Шумоподобный импульсный сигнал, его SF и спектр. Спектр шумоподобного радиосигнала (ШП-радиосигнала).
3. Методы формирования ШП-радиосигнала: метод «прямой последовательности» (DS – Direct Sequence); метод «скачков по частоте» (FH – Frequency Hopping). Принцип формирования ШП-радиосигнала по методу «прямой последовательности» и структурная схема передатчика с бинарной фазовой манипуляцией (Binary Phase Shift Keying – BPSK).
4. Автокорреляционная функция (АКФ) единичного импульса и его копии, сдвинутой во времени. Свойства АКФ. АКФ знакопеременных периодических псевдослучайных последовательностей (ПСЦП). М-последовательности

максимальной длины – последовательности Хаффмена. Свойства M-последовательностей. Предпочтительные M-последовательности. Последовательности Голда, последовательности Касами. Их свойства.

5. Аperiodические последовательности Баркера. Возможность использования кодовых последовательностей Баркера в качестве преамбул для обеспечения символьной и цикловой синхронизации в цифровых системах связи.
6. Структурная схема и принцип работы цифрового автомата (каскадного сдвигового регистра с линейными обратными связями – LFSR – Linear Feedback Shift Register) для генерации ПСП любой длины. Порождающий полином цифрового автомата. Использование управляемой «маски» в цифровом автомате для генерации сдвинутой по времени реплики M-последовательности.
7. Ортогональные функции Уолша, их формирование на основе матрицы Адамара, свойства функций Уолша. Использование функций Уолша и линейного весового сложения цифровых потоков для мультиплексирования многих каналов связи в передатчике. Интегрирование с накоплением для демуплексирования многих каналов связи в приемнике.
8. Структурная схема корреляционного приемника с обработкой ШП-радиосигнала на высокой частоте (когерентная и согласованная селекция ШП-радиосигнала) Реакция коррелятора приемника на полезный (согласованный) ШП-радиосигнал, на несогласованный ШП-радиосигнал, на узкополосную радиопомеху, на широкополосный тепловой шум. Зависимость запаса помехоустойчивости корреляционного приемника на помехи различного типа (улучшение коррелятором отношения сигнал/помеха или отношения сигнал/шум) от длины кодирующей (декодирующей) ПСП.
9. Сопоставление реальной чувствительности корреляционного приемника технологии CDMA с реальной чувствительностью приемников технологий FDMA и TDMA. Достоинства и особенности радиосвязи на основе технологии CDMA.
10. Структурная схема корреляционного приемника с обработкой ШП-радиосигнала на уровне чиповой ПСП. Интегрирование чиповой ПСП с накоплением.
11. Характеристики системы сотовой телефонии IS-95 (Interim Standard – промежуточный стандарт). Архитектура прямого канала: базовая станция (БС) – мобильная станция (МС). Синхронный (ортогональный) доступ на линии «вниз» с использованием единого системного времени, различного циклического сдвига короткой ПСП, функций Уолша. Максимальный радиус соты. Максимальное количество БС с одной и той же несущей частотой.
12. Структурная схема и особенности формирования на БС пилот-канала. Особенности квадратурной фазовой манипуляции (QPSK) в прямом канале.
13. Структурная схема и особенности формирования на БС канала синхронизации. Значение SF для канала синхронизации.
14. Структурная схема и особенности формирования на БС канала персонального вызова. Значение SF для канала персонального вызова.
15. Структурная схема и особенности формирования на БС канала трафика. Значение SF для канала трафика.
16. Структурная схема когерентного приемника МС для канала трафика. Необходимое значение отношения средней мощности сигнала к средней мощности шума на входе приемника МС для канала трафика.
17. Архитектура обратного канала: МС – БС. Асинхронный (неортогональный) доступ на линии «вверх» с использованием различного циклического сдвига длинной ПСП. Структурные схемы и особенности формирования на МС канала доступа и канала трафика.
18. Регулировка передаваемой мощности с обратной связью (ОС) в прямых каналах. Регулировка передаваемой мощности без ОС и с ОС в обратных каналах. Максимальная скорость передвижения МС, при которой регулировка передаваемой мощности позволяет бороться с быстрыми (Релеевскими) замираниями.
19. Борьба с многолучевостью в системе IS-95. Структурная схема и принцип действия RAKE-приемника (четырёхканального на БС и трехканального на МС).
20. Сравнительная оценка емкости сотовых систем связи технологий FDMA, TDMA, CDMA.
21. Перспективы развития сотовых систем на основе технологии CDMA.

**17. Типовые задачи для практических занятий:** приведены в Приложении к данной рабочей программе (ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «Сети и системы мобильной связи»). Полный комплект задач для практических занятий см. в [13].

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

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по УР  
П.Е.Троян

\_\_\_\_\_

"\_25\_"\_\_\_\_\_04\_\_\_\_\_2016 г.

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Системы мобильной связи на основе шумоподобных сигналов»**

**Уровень основной образовательной программы: академический бакалавриат**

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

**Профиль: Системы мобильной связи**

**Форма обучения: очная**

**Факультет: РТФ (радиотехнический)**

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

**Курс: 4**

**Семестры: 8**

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

**Зачет: не предусмотрен**

**Диф. зачет: не предусмотрен**

**Экзамен: 8 семестр**

**Разработчик**

**С.В. Мелихов**

**Томск 2016**

## 1 Введение

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

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

Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций приведен в таблице 1.

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

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ПК-9	Умение 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.	<p><i>Должен знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• принципы формирования цифровых шумоподобных сигналов, об их искажениях при прохождении канала передачи; принципы работы устройств и блоков систем формирования, передачи и приема шумоподобных сигналов, понимать физические процессы, происходящие в них.</li> </ul> <p><i>Должен уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать естественнонаучные законы, применять методы математического анализа и моделирования при теоретических и экспериментальных исследованиях; применять на практике методы анализа и расчета основных узлов CDMA-систем; разрабатывать и обосновывать соответствующие техническому заданию и современному уровню развития теории и техники структурные схемы CDMA-систем.</li> </ul>
ПК-16	Готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования.	<p><i>Должен владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• первичными навыками настройки и регулировки аппаратуры CDMA-систем при производстве, установке и технической эксплуатации.</li> </ul>

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ПК-9: Умение 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

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

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

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Знать особенности проведения расчетов по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в	Уметь проводить расчеты составляющих инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием	Владеть навыками проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с

	соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ	с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ	техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ
<b>Виды занятий</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекции</li> <li>• Практические занятия</li> <li>• Консультации</li> <li>• Выполнение домашнего задания</li> <li>• Самостоятельная работа студентов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекции</li> <li>• Практические занятия</li> <li>• Консультации</li> <li>• Выполнение домашнего задания</li> <li>• Самостоятельная работа студентов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекции</li> <li>• Практические занятия</li> <li>• Консультации</li> <li>• Выполнение домашнего задания</li> <li>• Самостоятельная работа студентов</li> </ul>
<b>Используемые средства оценивания</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест</li> <li>• Выполнение домашнего задания</li> <li>• Оформление и защита домашнего задания</li> <li>• Контрольная работа</li> <li>• Экзамен</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест</li> <li>• Выполнение домашнего задания</li> <li>• Оформление и защита домашнего задания</li> <li>• Контрольная работа</li> <li>• Экзамен</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест</li> <li>• Выполнение домашнего задания</li> <li>• Оформление и защита домашнего задания</li> <li>• Контрольная работа</li> <li>• Экзамен</li> </ul>

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

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

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

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

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Знает все методы проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Умеет быстро изучать методы проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Свободно владеет методами проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с нормативными документами</li> </ul>
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Знает большинство методов проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Умеет изучать методы проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с нормативными документами</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Владеет методами проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с нормативными документами</li> </ul>
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Знает основные методы проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>В принципе умеет изучать методы проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с нормативными документами</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Частично владеет методами проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с нормативными документами</li> </ul>

## 2.2 Компетенция ПК-16: Готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования

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

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
<b>Содержание этапов</b>	Знать методы изучения научно-технической информации, отечественного и	Уметь изучать научно-техническую информацию, отечественный и	Владеть приемами изучения научно-технической информации,

	зарубежного опыта по тематике исследования	зарубежный опыт по тематике исследования	отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования
<b>Виды занятий</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекции</li> <li>• Практические занятия</li> <li>• Консультации</li> <li>• Выполнение домашнего задания</li> <li>• Самостоятельная работа студентов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекции</li> <li>• Практические занятия</li> <li>• Консультации</li> <li>• Выполнение домашнего задания</li> <li>• Самостоятельная работа студентов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекции</li> <li>• Практические занятия</li> <li>• Консультации</li> <li>• Выполнение домашнего задания</li> <li>• Самостоятельная работа студентов</li> </ul>
<b>Используемые средства оценивания</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест</li> <li>• Выполнение домашнего задания</li> <li>• Оформление и защита домашнего задания</li> <li>• Контрольная работа</li> <li>• Экзамен</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест</li> <li>• Выполнение домашнего задания</li> <li>• Оформление и защита домашнего задания</li> <li>• Контрольная работа</li> <li>• Экзамен</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест</li> <li>• Выполнение домашнего задания</li> <li>• Оформление и защита домашнего задания</li> <li>• Контрольная работа</li> <li>• Экзамен</li> </ul>

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

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

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

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

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

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Знает все приемы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Умеет быстро познавать приемы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Свободно владеет приемами изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования</li> </ul>

		тематике исследования	
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Знает приемы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Умеет познавать приемы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Владеет приемами изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования</li> </ul>
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Знает основные приемы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• В принципе умеет познавать приемы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Частично владеет приемами изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования</li> </ul>

### 3 Формы контроля усвоения материала дисциплины и формирования компетенций

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

### 4 Методические материалы

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

#### 4.1. Основная литература

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

#### 4.2. Дополнительная литература

2. Иванов В.И., Гордиенко В.Н., Попов Г.Н. и др. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 231 с. (101 экз.).
3. Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С. Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики: Учебное пособие. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 392 с. (42 экз.).
4. Весоловский Кшиштоф. Системы подвижной радиосвязи / Пер. с польск. И.Д. Рудинского; под ред. А.И. Ледовского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 536 с. (30 экз.).
5. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра: Пер. с англ. / Под ред. В.И. Журавлева. – М.: Радио и связь, 2000. – 520 с. (25 экз.).
6. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: ЭКО-ТРЭНДЗ, 1998. – 239 с. (5 экз.).
7. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 292 с. (23 экз.).
8. Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами: Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2002. – 440 с. (72 экз.).
9. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Изд. Дом Вильямс, 2004. – 1099 с. (18 экз.).
10. Галкин В.А. Цифровая мобильная радиосвязь: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 432 с. (1 экз.).
11. Мелихов С.В. Аналоговое и цифровое радиовещание [Электронный ресурс]: Учебное пособие. Издание третье, исправленное. – Томск: Томский гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 233 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/5457>).
12. Мелихов С.В. Аналоговое и цифровое радиовещание: Учебное пособие. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2002. – 251 с. (80 экз.).



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

13. Мелихов С.В. Радиосвязь на основе шумоподобных сигналов (Часть 1) [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по материалам лекционных занятий, практических занятий, для курсового проектирования и самостоятельной работы студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 32 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/4135>).
14. Мелихов С.В. Мобильная радиосвязь: шумовые характеристики, спектральная и энергетическая эффективность, сбалансированный дуплекс [Электронный ресурс]: Учебное пособие для лекционных и практических занятий, курсового проектирования, самостоятельной работы студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 51 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/5113>).
15. Мелихов С.В. Частотное планирование и электромагнитная совместимость систем мобильной связи [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 13 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/4129>).
16. Мелихов С.В. Трафик, емкость и устойчивость систем мобильной связи [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 13 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/4134>).
17. Мелихов С.В. Чувствительность радиоприемных устройств [Электронный ресурс]: Учебное пособие для лекционных и практических занятий, курсового проектирования, самостоятельной работы студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 99 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/5109>).
18. Мелихов С.В., Титов А.А. Радиовещание, радиосвязь и электроакустика [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и курсовому проектированию для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 49 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1335>).
19. Кологривов В.А., Мелихов С.В. Самостоятельная работа студента при изучении дисциплин математическо-естественнонаучного, общепрофессионального (профессионального), специального циклов [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по самостоятельной работе. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 9 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1845>).

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

1. Типы множественного (многостанционного) доступа на основе технологии кодового разделения каналов связи (CDMA).
2. Спектр и база (коэффициент расширения спектра – SF – Spreading Factor) импульсного (битового) сигнала. Шумоподобный импульсный сигнал, его SF и спектр. Спектр шумоподобного радиосигнала (ШП-радиосигнала).
3. Методы формирования ШП-радиосигнала: метод «прямой последовательности» (DS – Direct Sequence); метод «скачков по частоте» (FH – Frequency Hopping). Принцип формирования ШП-радиосигнала по методу «прямой последовательности» и структурная схема передатчика с бинарной фазовой манипуляцией (Binary Phase Shift Keying – BPSK).
4. Автокорреляционная функция (АКФ) единичного импульса и его копии, сдвинутой во времени. Свойства АКФ. АКФ знакопеременных периодических псевдослучайных последовательностей (ПСП). М-последовательности максимальной длины – последовательности Хаффмена. Свойства М-последовательностей. Предпочтительные М-последовательности. Последовательности Голда, последовательности Касами. Их свойства.
5. Аперiodические последовательности Баркера. Возможность использования кодовых последовательностей Баркера в качестве преамбул для обеспечения символьной и цикловой синхронизации в цифровых системах связи.
6. Структурная схема и принцип работы цифрового автомата (каскадного сдвигового регистра с линейными обратными связями – LFSR – Linear Feedback Shift Register) для генерации ПСП любой длины. Порождающий полином цифрового автомата. Использование управляемой «маски» в цифровом автомате для генерации сдвинутой по времени реплики М-последовательности.

7. Ортогональные функции Уолша, их формирование на основе матрицы Адамара, свойства функций Уолша. Использование функций Уолша и линейного весового сложения цифровых потоков для мультиплексирования многих каналов связи в передатчике. Интегрирование с накоплением для демуплексирования многих каналов связи в приемнике.
8. Структурная схема корреляционного приемника с обработкой ШП-радиосигнала на высокой частоте (когерентная и согласованная селекция ШП-радиосигнала) Реакция коррелятора приемника на полезный (согласованный) ШП-радиосигнал, на несогласованный ШП-радиосигнал, на узкополосную радиопомеху, на широкополосный тепловой шум. Зависимость запаса помехоустойчивости корреляционного приемника на помехи различного типа (улучшение коррелятором отношения сигнал/помеха или отношения сигнал/шум) от длины кодирующей (декодирующей) ПСП.
9. Сопоставление реальной чувствительности корреляционного приемника технологии CDMA с реальной чувствительностью приемников технологий FDMA и TDMA. Достоинства и особенности радиосвязи на основе технологии CDMA.
10. Структурная схема корреляционного приемника с обработкой ШП-радиосигнала на уровне чиповой ПСП. Интегрирование чиповой ПСП с накоплением.
11. Характеристики системы сотовой телефонии IS-95 (Interim Standard – промежуточный стандарт). Архитектура прямого канала: базовая станция (БС) – мобильная станция (МС). Синхронный (ортогональный) доступ на линии «вниз» с использованием единого системного времени, различного циклического сдвига короткой ПСП, функций Уолша. Максимальный радиус соты. Максимальное количество БС с одной и той же несущей частотой.
12. Структурная схема и особенности формирования на БС пилот-канала. Особенности квадратурной фазовой манипуляции (QPSK) в прямом канале.
13. Структурная схема и особенности формирования на БС канала синхронизации. Значение SF для канала синхронизации.
14. Структурная схема и особенности формирования на БС канала персонального вызова. Значение SF для канала персонального вызова.
15. Структурная схема и особенности формирования на БС канала трафика. Значение SF для канала трафика.
16. Структурная схема когерентного приемника МС для канала трафика. Необходимое значение отношения средней мощности сигнала к средней мощности шума на входе приемника МС для канала трафика.
17. Архитектура обратного канала: МС – БС. Асинхронный (неортогональный) доступ на линии «вверх» с использованием различного циклического сдвига длинной ПСП. Структурные схемы и особенности формирования на МС канала доступа и канала трафика.
18. Регулировка передаваемой мощности с обратной связью (ОС) в прямых каналах. Регулировка передаваемой мощности без ОС и с ОС в обратных каналах. Максимальная скорость передвижения МС, при которой регулировка передаваемой мощности позволяет бороться с быстрыми (Релеевскими) замираниями.
19. Борьба с многолучевостью в системе IS-95. Структурная схема и принцип действия RAKE-приемника (четырёхканального на БС и трёхканального на МС).
20. Сравнительная оценка емкости сотовых систем связи технологий FDMA, TDMA, CDMA.
21. Перспективы развития сотовых систем на основе технологии CDMA.

#### **4.5 Типовые задачи для практических занятий (полный комплект задач для практических занятий см. в [13])**

1. Изобразите структурную схему цифрового автомата (каскадного сдвигового регистра с линейными обратными связями – LFSR – Linear Feedback Shift Register) для генерации псевдослучайной последовательности (ПСП) любой длины. Опишите принцип работы LFSR на примере генерации ПСП длиной  $L = 2^3 - 1$ .
2. Изобразите структурную схему и опишите особенности формирования на базовой станции (БС) канала трафика системы сотовой телефонии IS-95. Объясните, как в канале трафика обеспечивается коэффициент расширения спектра (SF – Spreading Factor), равный 64.
3. Определите время периода коротких псевдослучайных последовательностей (КПСП) длиной  $L = 2^{15}$  системы сотовой телефонии IS-95, если скорость передачи цифрового потока  $R = 1,2288$  Мбит/с.
4. Определите число БС с одинаковыми несущими частотами системы сотовой телефонии IS-95, которые могут бесконфликтно работать в одной зоне, если циклические сдвиги КПСП длиной  $L = 2^{15}$  для БС кратны 64 чипам.