

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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: 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**  
**«Радиосвязь на основе широкополосных 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

Учебный план набора 2016 г. и последующих лет

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной работы	Семестр 7	Семестр 8		Всего	Единицы
1.	Лекции (Л)		30		30	час.
2.	Лабораторные работы (ЛР)		16		16	час.
3.	Практические занятия (ПЗ)		24		24	час.
4.	Курсовой проект - контроль самостоятельной работы (КП-КСР) студентов (аудиторный)					час.
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)		70		70	час.
6.	Из них в интерактивной форме		11		11	час.
7.	Самостоятельная работа (СР) студентов		74		74	час.
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)		144		144	час.
9.	СР на подготовку и сдачу экзамена		36		36	час.
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)		180		180	час.
	(в зачетных единицах)		5		5	ЗЕТ

Зачет: не предусмотрен

Диф. зачет: не предусмотрен

Экзамен: 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) 01 июля 2016 г., протокол № 9.

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 «Радиосвязь на основе широкополосных сигналов» (РСШС)

Цели дисциплины: рассмотрение принципов работы и особенностей организации современных систем связи на основе широкополосных сигналов с использованием технологии с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

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

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина РСШС является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 учебного плана (Б1.В.ДВ.5.2) и ее изучение строится на основе знания студентами комплекса вопросов, изученных в дисциплинах: Теория вероятностей и математическая статистика; Сигналы электросвязи; Прикладные математические методы в радиотехнике и автоматике; Общая теория связи; 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 Устройства преобразования и обработки информации систем мобильной связи и Учебно-исследовательская работа студентов, изучаемых в том же семестре.

Дисциплина РСШС 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 широкополосных сигналов, об их искажениях при прохождении канала передачи;

принципы работы устройств и блоков систем формирования, передачи и приема широкополосных 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 COFDM-систем;

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

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

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		7	8		
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>70</b>		<b>70</b>		
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции (Л)	30		30		
Лабораторные работы (ЛР)	16		16		
Практические занятия (ПЗ)	24		24		
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>74</b>		<b>74</b>		

В том числе:		-	-	-	-	-
Курсовой проект (самостоятельная работа)						
Расчетно-графические работы						
Реферат						
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>						
Проработка лекционного материала		30		30		
Подготовка к ЛР, составление и защита отчета		16		16		
Подготовка к ПЗ		24		24		
Подготовка к контрольным работам (КтР)		4		4		
<b>Вид промежуточной аттестации (экзамен)</b>						
Общая трудоемкость, час.		180		180		
Зачетные Единицы Трудоемкости (ЗЕТ)		5		5		

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час. (7 семестр)	Лаборат. работы, час.	Практич. занятия, час.	СР (Л+ЛР+ПЗ+КтР), час. (без экзам.)	Всего, час. (без экзам.)	Формируемые компетенции
1	Технология OFDM.	4	4		2+6+0+0 = 8	16	ПК-9; ПК-16
2	Распараллеливание цифрового потока.	4		4	2+6+4+4 = 16	24	ПК-9; ПК-16
3	Частотное перемежение при OFDM-технологии.	4	4	4	2+6+4+0 = 12	24	ПК-9; ПК-16
4	Ортогональность многих несущих при OFDM-технологии.	2	4	4	1+6+4+4 = 15	25	ПК-9; ПК-16
5	Методы формирования OFDM-радиосигналов.	6	4	4	3+0+4+0 = 7	21	ПК-9; ПК-16
6	Система DAB.	4		4	2+0+4+3 = 9	17	ПК-9; ПК-16
7	Системы мобильной связи 4-го поколения на основе технологии OFDM.	4		4	2+0+4+0 = 6	14	ПК-9; ПК-16
8	Будущее OFDM-радиосвязи.	2			1+0+0+0 = 1	3	ПК-9; ПК-16
Всего		30	16	24	74	144	

### 5.2. Содержание разделов дисциплины по лекциям (Л, 30 час.)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость, час.	Формируемые компетенции
1	Технология OFDM.	Особенности технологии с ортогональным частотным разделением каналов (Orthogonal Frequency Division Multiplexing – OFDM). Достоинства и недостатки OFDM-радиосигналов.	4	ПК-9; ПК-16
2	Распараллеливание цифрового потока.	Распараллеливание цифрового потока при OFDM-технологии, как средство борьбы с межсимвольной интерференцией. Формирование кодированного OFDM-символа (Coded OFDM – COFDM) с циклическим префиксом.	4	ПК-9; ПК-16
3	Частотное перемежение при OFDM-технологии.	Частотное перемежение при OFDM-технологии, как средство борьбы с селективными замираниями.	4	ПК-9; ПК-16
4	Ортогональность многих несущих при OFDM-технологии.	Необходимость ортогональности многих несущих при OFDM-технологии для разделения различных каналов приема. Условия ортогональности многих несущих.	2	ПК-9; ПК-16

5	Методы формирования OFDM-радиосигналов.	Формирование OFDM-радиосигналов при различных видах цифровой манипуляции. Использование быстрого преобразования Фурье для получения многих ортогональных несущих.	6	ПК-9; ПК-16
6	Система DAB.	Система цифрового звукового радиовещания DAB (Digital Audio Broadcasting) на основе технологии OFDM. Возможные варианты конфигурации, качество приема, дальность приема, необходимая полоса радиоканала.	4	ПК-9; ПК-16
7	Системы мобильной связи 4-го поколения на основе технологии OFDM.	Системы мобильной связи WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) и LTE (Long Term Evolution) на основе технологии OFDM.	4	ПК-9; ПК-16
8	Будущее OFDM-радиосвязи.	Перспективы развития систем радиосвязи на основе технологии OFDM.	2	ПК-9; ПК-16
<b>Всего</b>			30	

### 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		
<b>Предыдущие дисциплины</b>											
1	Теория вероятностей и математическая статистика	+	+	+		+					
2	Сигналы электросвязи	+		+	+	+	+	+	+		
3	Прикладные математические методы в радиотехнике и автоматике		+		+		+		+		
4	Общая теория связи	+	+	+	+	+	+	+	+		
5	Цифровая обработка сигналов	+	+	+		+					
6	Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей	+	+	+	+		+	+	+		
7	Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства систем мобильной связи			+	+						
8	Радиопередающие устройства систем мобильной связи		+	+	+		+	+	+		
9	Радиоприемные устройства систем мобильной связи	+		+	+	+	+	+	+		
12	Теоретические основы систем мобильной связи	+	+	+	+	+	+	+	+		
13	Сети и системы мобильной связи	+	+	+	+	+	+	+	+		
<b>Дисциплины, изучаемые в том же семестре (8 семестр)</b>											
1	Устройства преобразования и обработки информации систем мобильной связи	+	+	+	+	+	+	+	+		
2	Учебно-исследовательская работа студентов										

### 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 отчетов по ЛР; 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 (ЛР, 16 час.)**

№ п/п	№ раздела дисциплины из табл. 5.1	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость, час.	Формируемые компетенции
1	1	Исследование влияния взаимной корреляции пространственных потоков на помехоустойчивость системы передачи информации.	4	ПК-9; ПК-16
2	2	Исследование помехоустойчивости многоканальных систем на основе PSK-модуляции при неортогональном разнесении.	4	ПК-9; ПК-16
3	3	Исследование технологии MIMO, построенной по схеме Аламоути.	4	ПК-9; ПК-16
4	4	Трехканальная система связи на основе шумоподобных сигналов.	4	ПК-9; ПК-16

**8. Практические занятия (ПЗ, 24 час.)**

№ п/п	№ раздела дисциплины из табл. 5.1	Тематика практических занятий	Трудо-емкость, час.	Формируемые компетенции
1	2	Расчет длительности COFDM-символов и защитных интервалов при распараллеливании цифрового потока.	4	ПК-9; ПК-16
2	3	Расчет числа несущих частот при частотном перемежении COFDM-символов.	4	ПК-9; ПК-16
3	4	Расчет условий ортогональности многих несущих при OFDM-технологии.	4	ПК-9; ПК-16
4	5	Методы формирования OFDM-радиосигналов.	4	ПК-9; ПК-16
5	6	Частотно-территориальное планирование системы DAB в одночастотной сети.	4	ПК-9; ПК-16
6	7	Расчет энергетических параметров прямых каналов системы мобильной связи на основе технологии OFDM.	4	ПК-9; ПК-16

**9. Курсовой проект - контроль самостоятельной работы (КП-КСР) студентов (не предусмотрен)****10. Самостоятельная работа (СР, 74 час.), СР на подготовку и сдачу экзамена (36 час.), всего СР 110 час.**

№ п/п	№ раздела дисциплины из табл. 5.1	Тематика самостоятельной работы (детализация)	Трудо-емкость, час.	Компетенции	Контроль выполнения работы
1	1-8	Проработка материала Л.	15	ПК-9; ПК-16	Тест контроль
2	1,2,3,4	Подготовка к ЛР, написание отчетов.	24	ПК-9; ПК-16	
3	2,3,4,5,6,7	Подготовка к ПЗ, выполнение ДЗ по темам, указанным в таблице 8, подготовка к КТР.	35	ПК-9; ПК-16	Проверка ДЗ, проведение КТР
4	1-8	Подготовка и сдача экзамена.	36	ПК-9; ПК-16	Экзамен
<b>Всего СР</b>			<b>110</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>	
2 (неудовлетворительно), (не зачтено)	<b>Ниже 60 баллов</b>	F (неудовлетворительно)

## 13. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 13.1. Основная литература

1. 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>).
2. Балашов В.А., Воробийенко П.П., Ляховецкий Л.М. Системы передачи ортогональными гармоническими сигналами. – М.: Эко-трендз, 2012. – 228 с. (20 экз.).

### 13.2. Дополнительная литература

3. Голдсмит А. Беспроводные коммуникации / Пер с англ. под ред. В.А. Березовского. – М.: Техносфера, 2011. – 904 с. (20 экз.).
4. Галкин В.А. Цифровая мобильная радиосвязь: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 592 с. (40 экз.).
5. Радиовещание и электроакустика: Учебное пособие для вузов / Под ред.: Ю.А. Ковалгина. – М.: Радио и связь, 2002. – 790 с. (18 экз.).
6. 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**

7. 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>).
8. 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>).
9. 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>).
10. 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>).
11. 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. Учебно-методические пособия для ЛР и СР при подготовке к ним**

12. Кологривов В.А., Писаренко Н.С. Исследование влияния взаимной корреляции пространственных потоков на помехоустойчивость системы передачи информации [Электронный ресурс]: Описание лабораторной работы для студентов специальности «Системы мобильной связи» по дисциплине «Теоретические основы систем мобильной связи». – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 32 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/4970>).
13. Кологривов В.А., Чаплыгина А.А. Исследование помехоустойчивости многоканальных систем на основе PSK-модуляции при неортогональном разнесении [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе для студентов направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по дисциплине «Сети и системы мобильной связи». – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2016. – 38 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/6094>).
14. Писаренко Н.С., Кологривов В.А. Исследование технологии ММО, построенной по схеме Аламути [Электронный ресурс]: Описание лабораторной работы для студентов специальности «Системы мобильной связи» по дисциплине «Теоретические основы систем мобильной связи». – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 29 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/4062>).
15. Мелихов С.В., Вербило И.М. Трехканальная система связи на основе шумоподобных сигналов [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе в пакете SIMULINK компьютерной среды MATLAB. - Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 17 с. (Режим доступа - <http://edu.tusur.ru/training/publications/2286>).

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

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



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

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

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

1. Особенности OFDM-технологии. Достоинства и недостатки OFDM-радиосигналов.
2. Принцип формирования COFDM-символов и защитного интервала (циклического префикса) между ними.
3. Взаимосвязь скорости цифрового потока, числа несущих, числа символов в кадре.
4. Принцип борьбы с межсимвольной интерференцией при OFDM-технологии.
5. Принцип борьбы с быстрыми селективными (Релеевскими) замираниями при OFDM-технологии.
6. Необходимость ортогональности многих несущих при OFDM-технологии. Условия ортогональности многих несущих.
7. Формирование OFDM-радиосигналов при различных видах цифровой манипуляции.
8. Характеристики системы цифрового звукового радиовещания DAB.
9. Система DAB: возможные варианты конфигурации, качество приема, дальность приема, необходимая полоса радиоканала, возможность работы в одночастотной сети.
10. Структура кадра системы DAB.
11. Структурная схема передатчика системы DAB, назначение блоков.
12. Перемежение, мультиплексирование канала быстрой информации, скремблирование в передатчике системы DAB.
13. COFDM-модулятор системы DAB. Использование обратного быстрого преобразования Фурье для получения многих ортогональных несущих.
14. Структурная схема приемника системы DAB, назначение блоков.
15. Особенности COFDM-демодулятора приемника системы DAB, построенного с использованием прямого быстрого преобразования Фурье.
16. Принципы функционирования и особенности системы мобильной связи WiMax.
17. Принципы функционирования и особенности системы мобильной связи LTE.
18. Перспективы развития систем радиосвязи на основе технологии OFDM.

**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 [7-9].

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

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по УР  
П.Е.Троян

---

"\_\_05\_\_" \_\_\_\_\_07\_\_\_\_\_2016 г.

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

**«Радиосвязь на основе широкополосных 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**

**Семестр: 8**

**Учебный план набора 2016 г. и последующих лет**

**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 «Радиосвязь на основе широкополосных сигналов» (РСШС) 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 широкополосных сигналов, об их искажениях при прохождении канала передачи, принципы работы устройств и блоков систем формирования, передачи и приема широкополосных 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 COFDM-систем; разрабатывать и обосновывать соответствующие техническому заданию и современному уровню развития теории и техники структурные схемы COFDM-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 COFDM-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 соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и	Уметь проводить расчеты составляющих инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых	Владеть навыками проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно

	самостоятельно создаваемых оригинальных программ	оригинальных программ	создаваемых оригинальных программ
<b>Виды занятий</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекции</li> <li>• Лабораторные работы</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>• Лабораторные работы</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>• Лабораторные работы</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**

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 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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Умеет быстро изучать методы проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Свободно владеет методами проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с нормативными</li> </ul>

	стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ	с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации	документами
<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 виды 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 зарубежного опыта по тематике исследования	Уметь изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	Владеть приемами изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования
<b>Виды занятий</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Лекции</li> <li>Лабораторные работы</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>Лабораторные работы</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>Лабораторные работы</li> <li>Практические занятия</li> <li>Консультации</li> <li>Выполнение домашнего задания</li> <li>Самостоятельная работа студентов</li> </ul>

<b>Используемые средства оценивания</b>	• Тест	• Тест	• Тест
	• Выполнение домашнего задания	• Выполнение домашнего задания	• Выполнение домашнего задания
	• Оформление и защита домашнего задания	• Оформление и защита домашнего задания	• Оформление и защита домашнего задания
	• Контрольная работа	• Контрольная работа	• Контрольная работа
	• Экзамен	• Экзамен	• Экзамен

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

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

<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 7.

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

<b>Показатели и критерии</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	• Знает все приемы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	• Умеет быстро познавать приемы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	• Свободно владеет приемами изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	• Знает приемы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	• Умеет познавать приемы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	• Владеет приемами изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	• Знает основные приемы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	• В принципе умеет познавать приемы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	• Частично владеет приемами изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования

### 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. 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>).
2. Балашов В.А., Воробийченко П.П., Ляховецкий Л.М. Системы передачи ортогональными гармоническими сигналами. – М.: Эко-трендз, 2012. – 228 с. (20 экз.).

##### 4.2. Дополнительная литература

3. Голдсмит А. Беспроводные коммуникации / Пер с англ. под ред. В.А. Березовского. – М.: Техносфера, 2011. – 904 с. (20 экз.).
4. Галкин В.А. Цифровая мобильная радиосвязь: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 592 с. (40 экз.).
5. Радиовещание и электроакустика: Учебное пособие для вузов / Под ред.: Ю.А. Ковалгина. – М.: Радио и связь, 2002. – 790 с. (18 экз.).
6. 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

1. 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>).
2. 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>).
3. 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>).
4. 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>).
5. 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 Учебно-методические пособия для лабораторных работ и самостоятельной работы при подготовке к ним и написания отчетов

6. Кологривов В.А., Писаренко Н.С. Исследование влияния взаимной корреляции пространственных потоков на помехоустойчивость системы передачи информации [Электронный ресурс]: Описание лабораторной работы для студентов специальности «Системы мобильной связи» по дисциплине «Теоретические основы систем мобильной связи». – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 32 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/4970>).

7. Кологривов В.А., Чаплыгина А.А. Исследование помехоустойчивости многоканальных систем на основе PSK-модуляции при неортогональном разнесении [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе для студентов направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по дисциплине «Сети и системы мобильной связи». – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2016. – 38 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/6094>).
8. Писаренко Н.С., Кологривов В.А. Исследование технологии MIMO, построенной по схеме Аламути [Электронный ресурс]: Описание лабораторной работы для студентов специальности «Системы мобильной связи» по дисциплине «Теоретические основы систем мобильной связи». – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 29 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/4062>).
9. Мелихов С.В., Вербило И.М. Трехканальная система связи на основе шумоподобных сигналов [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе в пакете SIMULINK компьютерной среды MATLAB. - Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 17 с. (Режим доступа - <http://edu.tusur.ru/training/publications/2286>).

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

1. Особенности OFDM-технологии. Достоинства и недостатки OFDM-радиосигналов.
2. Принцип формирования COFDM-символов и защитного интервала (циклического префикса) между ними.
3. Взаимосвязь скорости цифрового потока, числа несущих, числа символов в кадре.
4. Принцип борьбы с межсимвольной интерференцией при OFDM-технологии.
5. Принцип борьбы с быстрыми селективными (Релеевскими) замираниями при OFDM-технологии.
6. Необходимость ортогональности многих несущих при OFDM-технологии. Условия ортогональности многих несущих.
7. Формирование OFDM-радиосигналов при различных видах цифровой манипуляции.
8. Характеристики системы цифрового звукового радиовещания DAB.
9. Система DAB: возможные варианты конфигурации, качество приема, дальность приема, необходимая полоса радиоканала, возможность работы в одночастотной сети.
10. Структура кадра системы DAB.
11. Структурная схема передатчика системы DAB, назначение блоков.
12. Перемежение, мультиплексирование канала быстрой информации, скремблирование в передатчике системы DAB.
13. COFDM-модулятор системы DAB. Использование обратного быстрого преобразования Фурье для получения многих ортогональных несущих.
14. Структурная схема приемника системы DAB, назначение блоков.
15. Особенности COFDM-демодулятора приемника системы DAB, построенного с использованием прямого быстрого преобразования Фурье.
16. Принципы функционирования и особенности системы мобильной связи WiMax.
17. Принципы функционирования и особенности системы мобильной связи LTE.
18. Перспективы развития систем радиосвязи на основе технологии OFDM.

#### **4.6 Типовые задачи для практических занятий (полный комплект задач для практических занятий см. в [1, 7])**

1. Для какой цели в системе одночастотной синхронной сети при использовании технологии OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) вводится защитный интервал между COFDM-символами (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing)? Рассчитайте длительность защитного интервала  $T_G$ , если расстояние  $D$  между передатчиками, передающими строго синхронные и одинаковые COFDM-символы, равно 20 км.

Ответ: 6,66 мкс.

2. Сформулируйте и запишите условие ортогональности многих несущих частот (при их минимальном частотном разnose) в случае COFDM-модуляции. Рассчитайте значение разноса несущих частот технологии OFDM, если длительность символа  $T_s = 512$  мкс.

Ответ: 2 кГц.

3. Рассчитайте скорость цифрового потока системы с OFDM-модуляцией, если число несущих  $n = 384$ , число символов в кадре  $m = 75$ , длительность защитного интервала  $T_G = 128$  мкс, длительность COFDM-символа  $T_s = 512$  мкс.

Ответ: 2,4 Мбит/с.