

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
«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

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 «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; 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; Радиоприемные устройства систем мобильной связи; Радиопередающие устройства систем мобильной связи; Теоретические основы систем мобильной связи; Сети и системы мобильной связи.

Знания, полученные при изучении дисциплины РСШС, должны способствовать овладению материалами дисциплин Информационные технологии и Устройства преобразования и обработки информации систем мобильной связи, 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 **4** зачетных единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		7	8		
Аудиторные занятия (всего)	54		54		
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>					
Самостоятельная работа (всего)	54		54		
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (самостоятельная работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Проработка лекционного материала	28		28		
Подготовка к ЛР, составление и защита отчета					
Подготовка к ПЗ	18		18		
Подготовка к контрольным работам (КТР)	8		8		
Вид промежуточной аттестации (экзамен)	36		36		
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. (7 семестр)	Практич. занятия, час.	СР (Л+ПЗ+КТР), час. (без экзам.)	Всего, час. (без экзам.)	Формируемые компетенции
1	Технология OFDM.	2		$3+0+0=3$	5	ПК-9; ПК-16
2	Распараллеливание цифрового потока.	2	6	$3+4+2=9$	17	ПК-9; ПК-16
3	Частотное перемежение при OFDM-технологии.	4	6	$3+4+0=7$	17	ПК-9; ПК-16
4	Ортогональность многих несущих при OFDM-технологии.	2	6	$3+3+2=8$	16	ПК-9; ПК-16
5	Методы формирования OFDM-радиосигналов.	2	6	$3+3+0=6$	14	ПК-9; ПК-16
6	Система DAB.	4	4	$3+2+2=7$	15	ПК-9; ПК-16
7	Системы мобильной связи 4-го поколения на основе технологии OFDM.	4	4	$5+2+2=9$	17	ПК-9; ПК-16
8	Будущее OFDM-радиосвязи.	2		$5+0+0=5$	7	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	Технология OFDM.	Особенности технологии с ортогональным частотным разделением каналов (Orthogonal Frequency Division Multiplexing – OFDM). Достоинства и недостатки OFDM-радиосигналов.	2	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.	2	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.	2	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
Всего			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		
Предыдущие дисциплины											
1	Теория вероятностей и математическая статистика	+	+	+		+					
2	Математические методы описания сигналов	+		+	+	+	+	+	+		
3	Статистическая теория инфокоммуникационных систем	+	+	+		+					
4	Общая теория связи	+	+	+	+	+	+	+	+		
5	Вычислительная техника		+	+		+					
6	Цифровая обработка сигналов	+	+	+		+					
7	Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей	+	+	+	+		+	+	+		
8	Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства систем мобильной связи			+	+						
9	Радиоприемные устройства систем мобильной связи	+		+	+	+	+	+	+		
10	Радиопередающие устройства систем мобильной связи		+	+	+		+	+	+		
11	Радиоавтоматика		+								
12	Теоретические основы систем	+	+	+	+	+	+	+	+		

	мобильной связи										
13	Сети и системы мобильной связи	+	+	+	+	+	+	+	+		
Дисциплины, изучаемые в том же семестре (8 семестр)											
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 длительности COFDM-символов и защитных интервалов при распараллеливании цифрового потока.	6	ПК-9; ПК-16
2	3	Расчет числа несущих частот при частотном перемежении COFDM-символов.	6	ПК-9; ПК-16
3	4	Расчет условий ортогональности многих несущих при OFDM-технологии.	6	ПК-9; ПК-16
4	5	Методы формирования OFDM-радиосигналов.	6	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
Всего			32	

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	1-8	Проработка материала Л.	28	ПК-9; ПК-16	Тест контроль
2	2, 3, 4, 5, 6, 7	Подготовка к ПЗ, выполнение ДЗ по темам, указанным в таблице 8, подготовка к КТР.	26	ПК-9; ПК-16	Проверка ДЗ, проведение КТР
3	1-8	Подготовка и сдача экзамена.	36	ПК-9; ПК-16	Экзамен
Всего СР			90		

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	20
Посещение ПЗ	15	5	20
Выполнение работ по ПЗ	10	5	15
Компонент своевременности по ПЗ	10	5	5
Итого за период (макс.)	50	20	70
Сдача экзамена (макс.)			30
Нарастающим итогом (макс.)	50	70	100

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)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо), (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно), (зачтено)	65 – 69	E (посредственно)
	60 - 64	
2 (неудовлетворительно), (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

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>).

13.3.3. 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 профессионального образования
«Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по УР
П.Е.Троян

"_25_"_____04_____2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

«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

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 «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"> • 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. <p><i>Должен уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 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.
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"> • первичными навыками настройки и регулировки аппаратуры COFDM-систем при производстве, установке и технической эксплуатации.

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	Уметь проводить расчеты составляющих инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как	Владеть навыками проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с

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

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

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

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

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

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

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

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
Содержание этапов	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
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> • Лекции • Практические занятия • Консультации • Выполнение домашнего задания • Самостоятельная работа студентов 	<ul style="list-style-type: none"> • Лекции • Практические занятия • Консультации • Выполнение домашнего задания • Самостоятельная работа студентов 	<ul style="list-style-type: none"> • Лекции • Практические занятия • Консультации • Выполнение домашнего задания • Самостоятельная работа студентов
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> • Тест • Выполнение домашнего задания • Оформление и защита домашнего задания • Контрольная работа • Экзамен 	<ul style="list-style-type: none"> • Тест • Выполнение домашнего задания • Оформление и защита домашнего задания • Контрольная работа • Экзамен 	<ul style="list-style-type: none"> • Тест • Выполнение домашнего задания • Оформление и защита домашнего задания • Контрольная работа • 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

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

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

Таблица 7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

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

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

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>).

4.4 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.

4.5 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 разносе) 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.