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

_____ П.Е. Троян

«_25__» _____04_____ 2016 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

Согласована на портале № 4874

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № от «___» _____ 20__ г.

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.

Согласована на портале № 4874

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.

Согласована на портале № 4874

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)					
Другие виды аудиторной работы					
Самостоятельная работа (всего)	54		54		
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (самостоятельная работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат					
Другие виды самостоятельной работы					
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 семесттр)	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	

Согласована на портале № 4874

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	+	+	+	+	+	+	+	+		

Согласована на портале № 4874

	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)

Согласована на портале № 4874

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**	
	60 - 64	E (посредственно)
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 третие, 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., Воробиенко 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

Согласована на портале № 4874

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].

Согласована на портале № 4874

Приложение к рабочей программе

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

Согласована на портале № 4874

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.	***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. ***Должен 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. ***Должен владеть:*** • первичными навыками настройки и регулировки аппаратуры COFDM-систем при производстве, установке и технической эксплуатации.
ПК-16	Готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования.	

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

Согласована на портале № 4874

	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	• Лекции • Практические занятия • Консультации • Выполнение домашнего задания • Самостоятельная работа студентов	• Лекции • Практические занятия • Консультации • Выполнение домашнего задания • Самостоятельная работа студентов	• Лекции • Практические занятия • Консультации • Выполнение домашнего задания • Самостоятельная работа студентов
Используемые средства оценивания	• Тест • Выполнение домашнего задания • Оформление и защита домашнего задания • Контрольная работа • Экзамен	• Тест • Выполнение домашнего задания • Оформление и защита домашнего задания • Контрольная работа • Экзамен	• 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.

Согласована на портале № 4874

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• 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	• Умеет быстро изучать методы проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации	• Свободно владеет методами проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с нормативными документами
Хорошо (базовый уровень)	• 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	• Умеет изучать методы проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с нормативными документами	• Владеет методами проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с нормативными документами
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Знает основные методы проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования	• В принципе умеет изучать методы проведения расчетов составляющих инфокоммуникаций в соответствии с нормативными документами	• 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 виды 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,

Согласована на портале № 4874

	зарубежного опыта по тематике исследования	зарубежный опыт по тематике исследования	отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования
Виды занятий	• Лекции • Практические занятия • Консультации • Выполнение домашнего задания • Самостоятельная работа студентов	• Лекции • Практические занятия • Консультации • Выполнение домашнего задания • Самостоятельная работа студентов	• Лекции • Практические занятия • Консультации • Выполнение домашнего задания • Самостоятельная работа студентов
Используемые средства оценивания	• Тест • Выполнение домашнего задания • Оформление и защита домашнего задания • Контрольная работа • Экзамен	• Тест • Выполнение домашнего задания • Оформление и защита домашнего задания • Контрольная работа • Экзамен	• 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)	• Знает все приемы изучения научно-технической информации,	• Умеет быстро познавать приемы изучения научно-технической	• Свободно владеет приемами изучения научно-технической информации,

Согласована на портале № 4874

	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)	• 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
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• 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 третие, 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., Воробиенко 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:

Согласована на портале № 4874

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.

Согласована на портале № 4874