

**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 18.09.2019

роян

Г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Беспроводные технологии передачи информации**  
**(ГПО-2 – групповое проектное обучение 2)»**

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: 3

Семестр: 5

Учебные планы набора 2013, 2014, 2015 гг.

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной работы	Семестр 4	Семестр 5	Семестр 6	Семестр 7	Всего	Единицы
1.	Лекции		24			24	час.
2.	Лабораторные работы		20			20	час.
3.	Практические занятия		16			16	час.
4.	Курсовой проект/работа (КСР) (аудиторная)						час.
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)		60			60	час.
6.	Из них в интерактивной форме		7			7	час.
7.	Самостоятельная работа (СР) студентов		48			48	час.
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)		108			108	час.
9.	СР на подготовку и сдачу экзамена						час.
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)		108			108	час.
	(в зачетных единицах)		3			3	ЗЕТ

Зачет: не предусмотрен

Диф. зачет: 5 семестр

Экзамен: не предусмотрен

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.

Разработчики: заведующий кафедрой РТС

Мелихов С.В.

доцент кафедры РТС

Кологривов В.А.

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:

Профессор кафедры РТС

Шарыгин Г.С.

## 1. Цели и задачи дисциплины «Беспроводные технологии передачи информации (ГПО-2 – групповое проектное обучение 2)» – БТПИ (ГПО-2)

Цели дисциплины: углубленное рассмотрение беспроводных технологий передачи информации; основных принципов функционирования аналоговой и цифровой связи и вещания; особенностей построения устройств и систем связи и вещания.

Задачи дисциплины: обучение студентов комплексному техническому мышлению на примерах разбора принципов работы и построения современных аналоговых и цифровых электронных систем передачи информации с использованием электромагнитных линий связи; рассмотрение вопросов, связанных с передачей, приемом, обработкой, кодированием и воспроизведением различного вида информации.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина БТПИ (ГПО-2) является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 учебного плана (Б1.В.ДВ.2.2) и ее изучение строится на основе знания студентами комплекса вопросов, изученных в дисциплинах: Теория электрических цепей; Основы функционального анализа; Математические методы описания сигналов; Прикладные математические методы в радиотехнике; Схемотехника телекоммуникационных устройств; Статистическая теория инфокоммуникационных систем; Цифровая обработка сигналов; Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей.

Знания, полученные при изучении дисциплины БТПИ (ГПО-2), должны способствовать овладению материалами последующих дисциплин: Теоретические основы систем мобильной связи; Сети и системы мобильной связи; Математическое моделирование устройств связи; Системы мобильной связи на основе шумоподобных сигналов; Устройства преобразования и обработки информации систем мобильной связи.

Дисциплина БТПИ (ГПО-2) является одной из ведущих в профессиональной подготовке студентов-бакалавров – в ней рассматриваются принципы решения вопросов, которые возникают перед бакалаврами направления подготовки 11.03.02 в процессе их профессиональной деятельности.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

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

готовностью к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта (ПК-7);

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

### В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** принципы работы и особенности организации современных беспроводных технологий передачи информации; особенности их частотного планирования; способы расчета электромагнитной совместимости и оценки трафика.

**Уметь:** применять на практике методы анализа и расчета основных характеристик беспроводных сетей передачи информации; на основе технических характеристик имеющейся аппаратуры разрабатывать и внедрять соответствующую техническому заданию структуру беспроводной сети передачи информации с учетом экологической безопасности; проводить натурный эксперимент по измерению основных характеристик беспроводных технологий передачи информации.

**Владеть:** навыками настройки и регулировки аппаратуры беспроводных сетей при производстве, установке и технической эксплуатации.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		4	5		
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	60		60		
В том числе:	-		-		
Лекции (Л)	24		24		
Лабораторные работы (ЛР)	20		20		
Практические занятия (ПЗ)	16		16		
Семинары (С)					
Коллоквиумы (К)					

Курсовой проект - контроль самостоятельной работы (КП-КСР) студентов (аудиторный)					
<i>Другие виды аудиторной работы</i>					
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	48		48		
В том числе:	-		-		
Курсовой проект (работа) (самостоятельная работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Проработка лекционного материала	12		12		
Подготовка к ЛР, составление и защита отчета	10		10		
Подготовка к ПЗ	26		26		
<b>Вид промежуточной аттестации (экзамен)</b>					
Общая трудоемкость, час.	108		108		
Зачетные Единицы Трудоемкости (ЗЕТ)	3		3		

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час.	Лаб. работ, час.	Практич. Занятия, час.	Курсовой П/Р (КСР), час.	СР, час. (без экзамен.)	Всего, час. (без экзамен.)	Формируемые компетенции
1.	Технологии средств беспроводной связи	24	20	16	-	48	108	ПК-7; ПК-16

### 5.2. Содержание разделов дисциплины по лекциям (Л, 24 час.)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость, час.	Формируемые компетенции
1	Технологии средств беспроводной связи	1. Дифференциальная бинарная фазовая манипуляция. Структурная схема модема, принцип и особенности дифференциальной (относительной) бинарной фазовой манипуляции (DBPSK). Фазовая неоднозначность при приеме. Когерентная и некогерентная демодуляция.	4	ПК-7; ПК-16
		2. Дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция. Структурные схемы модемов, принципы и особенности квадратурной фазовой манипуляций (QPSK) и дифференциальной квадратурной фазовой манипуляции (DQPSK).	4	
		3. Дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция со сдвигом $\pi/4$ . Структурная схема модема, принцип и особенности дифференциальной квадратурной фазовой манипуляции со сдвигом $\pi/4$ ( $\pi/4$ QPSK).	4	
		4. Частотная манипуляция и многопозиционная частотная манипуляция. Структурные схемы модемов, принципы и особенности частотной манипуляции (FSK) и многопозиционной частотной манипуляции (M-FSK).	2	
		5. Манипуляция с минимальным сдвигом (MSK) и гауссовская манипуляция с минимальным сдвигом. Структурные схемы модемов, принципы и особенности манипуляции с минимальным сдвигом (MSK) и гауссовской манипуляций с минимальным сдвигом (GMSK).	4	
		6. Квадратурная амплитудная манипуляция. Структурная схема модема, принцип и особенности квадратурной амплитудной манипуляции. Эффективность радиосигналов с различными видами манипуляции.	2	
		7. Сравнительная характеристика эффективности	4	

		использования полосы частот и энергетических характеристик передатчиков при радиосигналах с различными видами манипуляции.		
--	--	--	--	--

### 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 БТПИ в обеспечиваемых (последующих) дисциплинах									
		1	2	3	4						...
<b>Предыдущие дисциплины</b>											
1	Теория электрических цепей	+									
2	Основы функционального анализа	+									
3	Математические методы описания сигналов	+									
4	Прикладные математические методы в радиотехнике	+									
5	Схемотехника телекоммуникационных устройств	+									
6	Статистическая теория инфокоммуникационных систем										
7	Цифровая обработка сигналов										
8	Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей										
<b>Последующие дисциплины</b>											
1	Теоретические основы систем мобильной связи	+									
2	Сети и системы мобильной связи	+									
3	Математическое моделирование устройств связи	+									
4	Системы мобильной связи на основе шумоподобных сигналов	+									
5	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	КР/КП	СР	
ПК-7; ПК-16	+	+	+		+	Проверка конспекта Л; проверка ДЗ, тесты и КТР на ПЗ; проверка отчетов по ЛР

Л – лекции, ПЗ – практические занятия, ЛР – лабораторные работы, КТР – контрольные работы, КР/КП – курсовая(ой) работа/проект, СР – самостоятельная работа студента, ДЗ – домашние задания

### 6. Методы и формы организации обучения

#### Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

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				2		2
Исследовательский метод				2		2
Итого интерактивных занятий		1	2	4		7

**7. Лабораторные работы (20 час.)**

№ п/п	№ раздела дисциплины из табл. 5.1	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость, час.	Формируемые компетенции
1	1 (Технологии средств беспроводной связи)	1. Исследование MSK модема (классическая реализация) [13].	4	ПК-7; ПК-16
		2. Исследование MSK модема (реализация с фазовым кодером) [14].	4	
		3. Исследование Pi/4_QPSK модема (реализация с фазовым кодером) [15].	4	
		4. Исследование QPSK модема (классическая реализация) [16].	4	
		5. Исследование QPSK модема (реализация с фазовым кодером) [17].	4	

**8. Практические занятия (16 час.)**

№ п/п	№ раздела дисциплины из табл. 5.1, (семестр)	Тематика практических занятий	Трудо-емкость, час.	Формируемые компетенции
1	1 (Технологии средств беспроводной связи)	1. Частотное планирование систем мобильной связи.	4	ПК-7; ПК-16
		2. Электромагнитная совместимость систем мобильной связи.	4	
		3. Трафик и емкость систем мобильной связи.	4	
		4. Устойчивость систем мобильной связи.	4	

**9. Самостоятельная работа (48 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.)
2.	1 (Технологии средств беспроводной связи)	1. Изучение технологий средств беспроводной связи.	12	ПК-7; ПК-16	1 Регулярная проверка рабочих тетрадей (РТ) по Л, ЛР, ПЗ, П. 2. Проверка отчета. 3. Защита отчета.
		2. Проектирование технологии средства беспроводной связи в соответствии с ТЗ – подготовка к ПЗ.	26		
		3. Составление отчета о спроектированной технологии средства беспроводной связи – подготовка к ЛЗ.	10		

**10. Примерная тематика курсовых проектов (работ) – не предусмотрены****11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов****Таблица 11.1.** Балльные оценки элементов контроля ПЗ, проектирования, защиты отчета (диф.зачет или экзамен)

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Посещение занятий	14	12	10	<b>36</b>
Выполнение работ по проектированию в соответствии с ТЗ	6	6	6	<b>18</b>
Компонент своевременности	5	6	5	<b>16</b>
<b>Итого за период (макс.)</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>70</b>
Защита отчета: диф.зачет или экзамен (макс.)				<b>30</b>
<b>Нарастающим итогом</b>	<b>25</b>	<b>49</b>	<b>70</b>	<b>100</b>

**Таблица 11.2.** 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 11.3.** 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)
<b>65 – 69</b>		
3 (удовлетворительно), (зачтено)	<b>60 - 64</b>	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно), (не зачтено)	<b>Ниже 60 баллов</b>	F (неудовлетворительно)

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

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

### 12.2. Дополнительная литература

2. Галкин В.А. Цифровая мобильная радиосвязь: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 432 с. (1 экз.).
3. Иванов В.И., Гордиенко В.Н., Попов Г.Н. и др. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 231 с. (101 экз.).
4. Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С. Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики: Учебное пособие. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 392 с. (42 экз.).
5. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 292 с. (23 экз.).
6. Макоева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами: Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2002. – 440 с. (72 экз.).
7. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Изд. Дом Вильямс, 2004. – 1099 с. (18 экз.).
8. Ратынский Н.В. Основы сотовой связи. – М.: Радио и связь, 2000. – 248 с. (5 экз.).
9. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра: Пер. с англ. / Под ред. В.И. Журавлева. – М.: Радио и связь, 2000. – 520 с. (25 экз.).
10. Столингс В. Беспроводные линии связи и сети. – М.: Изд. Дом Вильямс, 2003. – 638 с. (1 экз.).
11. Мелихов С.В. Аналоговое и цифровое радиовещание [Электронный ресурс]: Учебное пособие. Издание **третье**, исправленное. – Томск: Томский гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 233 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/5457>).
12. Мелихов С.В. Аналоговое и цифровое радиовещание: Учебное пособие. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2002. – 251 с. (80 экз.).

### 12.3. Учебно-методические пособия и программное обеспечение

#### 12.3.1. Учебно-методические пособия для ЛР и СР при подготовке к ним

13. Кологривов В.А. Исследование MSK модема (классическая реализация) [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 29 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1524>).
14. Кологривов В.А. Исследование MSK модема (реализация с фазовым кодером) [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 39 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1525>).
15. Кологривов В.А. Исследование Pi/4\_QPSK модема (реализация с фазовым кодером) [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 38 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1527>).
16. Кологривов В.А. Исследование QPSK модема (классическая реализация) [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 27 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1528>).
17. Кологривов В.А. Исследование QPSK модема (реализация с фазовым кодером) [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 35 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1532>).

### 12.3.2. Учебно-методические пособия для ПЗ и СР при подготовке к ним

18. 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>).
19. Мелихов С.В. Трафик, емкость и устойчивость систем мобильной связи [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 13 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/4134>).

### 12.3.3. Программное обеспечение

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

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

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

**15. Контрольные вопросы для проверки знаний по дисциплине (приведены также в Приложении к данной рабочей программе (ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «Беспроводные технологии передачи информации (ГПО-2)»).**

1. Особенности дифференциальной бинарной фазовой манипуляции.
2. Особенности дифференциальной квадратурной фазовой манипуляции.
3. Особенности дифференциальной квадратурной фазовой манипуляции со сдвигом  $\pi/4$ .
4. Особенности многопозиционной частотной манипуляции.
5. Особенности манипуляции с минимальным сдвигом (MSK) и гауссовской манипуляции с минимальным сдвигом.
6. Особенности квадратурной амплитудной манипуляции.
7. Сравнительная характеристика эффективности использования полосы частот и энергетических характеристик передатчиков при радиосигналах с различными видами манипуляции.
8. Особенности частотных планов системы мобильной связи NMT-450.
9. Особенности частотных планов системы мобильной связи GSM.
10. Однородная сотовая структура систем мобильной связи.
11. Интерференционные помехи на совпадающих частотах в сотовых системах связи.
12. Понятие кластера. Ромб совмещенного канала сотовой системы. Параметр SIR сотовых систем.
13. Понятие трафика. Трафик сотовых систем.
14. Модель Эрланга В (модель системы связи массового обслуживания с отказами).
15. Устойчивость связи мобильных сотовых систем.

**16. Типовые задачи для практических занятий:** приведены в Приложении к данной рабочей программе (ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «Беспроводные технологии передачи информации (ГПО-2)». Полный комплект задач для практических занятий см. в [18-19].



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

«Беспроводные технологии передачи информации  
(ГПО-2 – групповое проектное обучение 2)»

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: 3

Семестр: 5

Учебные планы набора 2013, 2014, 2015 гг.

Зачет: не предусмотрен

Диф. зачет: 5 семестр

Экзамен: не предусмотрен

Разработчик

С.В. Мелихов

Томск 2016

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Беспроводные технологии передачи информации (ГПО-2 – групповое проектное обучение 2)» БТПИ (ГПО-2) 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-7	Готовность к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта	<p><i>Должен знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• принципы работы и особенности организации современных беспроводных технологий передачи информации; особенности их частотного планирования; способы расчета электромагнитной совместимости и оценки трафика.</li> </ul> <p><i>Должен уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• применять на практике методы анализа и расчета основных характеристик беспроводных сетей передачи информации; на основе технических характеристик имеющейся аппаратуры разрабатывать и внедрять соответствующую техническому заданию структуру беспроводной сети передачи информации с учетом экологической безопасности; проводить натурный эксперимент по измерению основных характеристик беспроводных технологий передачи информации.</li> </ul> <p><i>Должен владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками настройки и регулировки аппаратуры беспроводных сетей при производстве, установке и технической эксплуатации.</li> </ul>
ПК-16	Готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	<p><i>Должен уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• применять на практике методы анализа и расчета основных характеристик беспроводных сетей передачи информации; на основе технических характеристик имеющейся аппаратуры разрабатывать и внедрять соответствующую техническому заданию структуру беспроводной сети передачи информации с учетом экологической безопасности; проводить натурный эксперимент по измерению основных характеристик беспроводных технологий передачи информации.</li> </ul> <p><i>Должен владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками настройки и регулировки аппаратуры беспроводных сетей при производстве, установке и технической эксплуатации.</li> </ul>

## 2. Реализация компетенций

### 2.1. Компетенция ПК-7: Готовность к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта

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 приемы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта.	Уметь изучать научно-техническую информацию, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта.	Владеть навыками изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта.

<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**

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

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

**Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

<b>Показатели и критерии</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Знает рациональные приемы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Умеет изучать научно-техническую информацию, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Свободно владеет навыками изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта.</li> </ul>
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Знает приемы изучения научно-технической информации, отечественного и</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Умеет изучать научно-техническую информацию, отечественного и</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Владеет навыками изучения научно-технической информации,</li> </ul>

	зарубежного опыта по тематике проекта.	зарубежного опыта по тематике проекта.	отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта.
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Знает элементы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>В принципе умеет изучать научно-техническую информацию, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Частично владеет навыками изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта.</li> </ul>

## 2.2. Компетенция ПК-16: Готовностью 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>	Методы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	Изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	Научно-технической информацией, отечественным и зарубежным опытом 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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Тест</li> <li>Выполнение домашнего задания</li> <li>Оформление и защита домашнего задания</li> <li>Контрольная работа</li> <li>Экзамен</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Тест</li> <li>Выполнение домашнего задания</li> <li>Оформление и защита домашнего задания</li> <li>Контрольная работа</li> <li>Экзамен</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Тест</li> <li>Выполнение домашнего задания</li> <li>Оформление и защита домашнего задания</li> <li>Контрольная работа</li> <li>Экзамен</li> </ul>

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

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

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы

<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

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

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

<b>Показатели и критерии</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	Знает все методы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	Умеет быстро изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	Свободно владеет приемами изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	Знает методы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	Умеет изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	Владеет приемами изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	Знает основные методы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	В принципе умеет изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт 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. Галкин В.А. Цифровая мобильная радиосвязь: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 592 с. (40 экз.).

#### 4.2. Дополнительная литература

2. Галкин В.А. Цифровая мобильная радиосвязь: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 432 с. (1 экз.).
3. Иванов В.И., Гордиенко В.Н., Попов Г.Н. и др. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 231 с. (101 экз.).
4. Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С. Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики: Учебное пособие. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 392 с. (42 экз.).
5. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 292 с. (23 экз.).
6. Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами: Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2002. – 440 с. (72 экз.).
7. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Изд. Дом Вильямс, 2004. – 1099 с. (18 экз.).
8. Ратынский Н.В. Основы сотовой связи. – М.: Радио и связь, 2000. – 248 с. (5 экз.).
9. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра: Пер. с англ. / Под ред. В.И. Журавлева. – М.: Радио и связь, 2000. – 520 с. (25 экз.).
10. Столингс В. Беспроводные линии связи и сети. – М.: Изд. Дом Вильямс, 2003. – 638 с. (1 экз.).
11. Мелихов С.В. Аналоговое и цифровое радиовещание [Электронный ресурс]: Учебное пособие. Издание третье исправленное. – Томск: Томский гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 233 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/5457>).
12. Мелихов С.В. Аналоговое и цифровое радиовещание: Учебное пособие. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2002. – 251 с. (80 экз.).

#### 4.3. Учебно-методические пособия для ЛР и СР при подготовке к ним

13. Кологривов В.А. Исследование MSK модема (классическая реализация) [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 29 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1524>).
14. Кологривов В.А. Исследование MSK модема (реализация с фазовым кодером) [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 39 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1525>).
15. Кологривов В.А. Исследование  $\Pi/4$ -QPSK модема (реализация с фазовым кодером) [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 38 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1527>).
16. Кологривов В.А. Исследование QPSK модема (классическая реализация) [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 27 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1528>).
17. Кологривов В.А. Исследование QPSK модема (реализация с фазовым кодером) [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 35 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1532>).

#### 4.4. Учебно-методические пособия для ПЗ и СР при подготовке к ним

18. 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>).
19. Мелихов С.В. Трафик, емкость и устойчивость систем мобильной связи [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования для студентов радиотехнических специальностей. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 13 с. (Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/4134>).

#### 4.5. Контрольные вопросы для проверки знаний по дисциплине

1. Особенности дифференциальной бинарной фазовой манипуляции.
2. Особенности дифференциальной квадратурной фазовой манипуляции.
3. Особенности дифференциальной квадратурной фазовой манипуляции со сдвигом  $\Pi/4$ .
4. Особенности многопозиционной частотной манипуляции.
5. Особенности манипуляции с минимальным сдвигом (MSK) и гауссовской манипуляции с минимальным сдвигом.
6. Особенности квадратурной амплитудной манипуляции.
7. Сравнительная характеристика эффективности использования полосы частот и энергетических характеристик передатчиков при радиосигналах с различными видами манипуляции.
8. Особенности частотных планов системы мобильной связи NMT-450.
9. Особенности частотных планов системы мобильной связи GSM.
10. Однородная сотовая структура систем мобильной связи.

11. Интерференционные помехи на совпадающих частотах в сотовых системах связи.
12. Понятие кластера. Ромб совмещенного канала сотовой системы. Параметр SIR сотовых систем.
13. Понятие трафика. Трафик сотовых систем.
14. Модель Эрланга В (модель системы связи массового обслуживания с отказами).
15. Устойчивость связи мобильных сотовых систем.

**4.6. Типовые задачи для практических занятий**  
(полный комплект задач для практических занятий см. в [18-19])

1. Определить возможное число дуплексных каналов связи на одной базовой станции стандарта NMT-450, работающей по первому (основному) частотному плану.

Ответ: 26 каналов.

2. Определить возможное число дуплексных каналов связи на одной базовой станции стандарта GSM-900.

Ответ: 42 канала.

3. Найти возможные размерности кластера в интервале  $3 \leq N_{кл} \leq 19$ , которые используются в сотовых системах мобильной связи.

Ответы: 3; 4; 7; 9; 12; 13; 16; 19.

4. Определите отношение сигнал/интерференция (SIR) в однородной сети мобильной связи для квазигладкого города, если коэффициент затухания радиоволн  $n = 4$ , а размерность кластера  $N_{кл} = 7$ .

Ответ: 17,8 дБ.

5. Определить вероятность поступления в один канал связи двух, трех, четырех, пяти вызовов за время 6 мин, если средняя частота поступления вызовов 40 вызов/ч.

Ответ: 0,146; 0,195; 0,195; 0,156.

6. Используя экспоненциальный закон плотности распределения вероятности занятости канала связи, построить зависимость вероятности занятости канала связи от продолжительности обслуживания одного абонента  $\tau_1$ , если средняя продолжительность обслуживания вызовов каналом связи равна  $\langle T \rangle$ . Объяснить полученный результат.

Ответ:

$\tau_1 / \langle T \rangle$	0	0,25	0,5	1	2	5
$P_{отк}$	0	0,22	0,39	0,63	0,86	0,99