МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цифровая связь

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль): **Микроволновая техника и антенны**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **СВЧиКР, Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2013 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	24	24	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Лабораторные занятия	18	18	часов
4	Всего аудиторных занятий	60	60	часов
5	Из них в интерактивной форме	13	13	часов
6	Самостоятельная работа	48	48	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е

Экзамен: 6 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 3715

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 2 от «10» 10 2016 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.01 Радиотехника, утвержденного 2015-03-06 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

доцент кафедры каф. РТС _____ Новиков А. В.

Заведующий обеспечивающей каф.
РТС _____ Мелихов С. В.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан РТФ _____ Попова К. Ю.

Заведующий выпускающей каф.
СВЧиКР _____ Шарангович С. Н.

Эксперты:

доцент кафедры каф. ТОР _____ Богомолов С. И.

Согласована на портале № 3715

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины «Цифровая связь» является изучение основных закономерностей передачи цифровой информации в современных системах связи.

1.2. Задачи дисциплины

– Основной задачей дисциплины является формирование у студентов компетенций, позволяющих самостоятельно проводить математический анализ физических процессов в аналоговых и цифровых устройствах формирования, преобразования и обработки сигналов, оценивать реальные и предельные возможности пропускной способности и помехоустойчивости телекоммуникационных систем и сетей.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Цифровая связь» (Б1.В.ДВ.6.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Дискретная математика, Космические системы связи, Линейная алгебра и аналитическая геометрия, Общая теория радиосвязи, Основы статистической радиотехники, Радиоавтоматика, Статистическая теория радиотехнических систем, Теория вероятностей и математическая статистика, Цифровая обработка сигналов.

Последующими дисциплинами являются: Метрология и радиоизмерения, Многоканальные цифровые системы передачи.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-6 готовностью выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** Вероятностные принципы цифровой связи (символы, алфавит, кодовые слова). Векторные модели видео- и радиосигналов. Принципы аналого-цифрового преобразования (выборка отсчетов, кодирование поразрядным взвешиванием, последовательным счетом). Модель теплового шума в виде белого гауссового шума. Способы расчета вероятности ошибки для разных моделей каналов связи (каналы без памяти, с памятью, со стиранием символов, без стирания). Основные коды для борьбы с ошибками (линейные блочные, циклические, сверточные). Основные принципы теории информации. Основные экономные коды (Хаффмана, Шеннона-Фано, Лемпела-Зива). Спектральные характеристики сигналов с линейной модуляцией. Основы корреляционного приема на фоне белого гауссового шума. Основные виды манипуляции несущей (АМ, ФМ, ЧМ) и способы когерентной, некогерентной и частично-когерентной демодуляции. Основные виды кодирования видеосигналов (NRZ, AMI, MLT-3, NRZI, Манчестерский код).

– **уметь** Вычислять числовые характеристики случайных величин (например, среднюю мощность случайного сигнала с многоуровневой АМ). Оценивать полосу частот видеосигналов с линейной частотной модуляцией. Анализировать векторную диаграмму измеряемого радиосигнала. Определять требуемую частоту дискретизации для заданного сигнала. Оценивать отношение сигнал-шум для заданных условий (тип сигнала, полоса обрабатываемых частот, модель МШУ и т. п.). Составлять формулы для вероятностей ошибки после декодирования (код Грея, дифференциальный код, помехоустойчивые коды) для заданного канала связи. Кодировать и декодировать линейными блочными кодами, в том числе циклическими и сверточными. Кодировать и декодировать экономными кодами (код Хаффмана, Шеннона-Фано, Лемпела-Зива). Оценивать пропускную способность канала связи. Вычислять (по таблицам, а также с помощью ЭВМ) вероятности символьной ошибки для простых АМ, ЧМ и ФМ демодуляторов, а также сложных (КАМ-М). Находить причинно-следственные связи в решаемых задачах для составления левой и правой части уравнений.

– **владеть** Способами постановки и решения вероятностных радиотехнических задач применительно к системам связи.

Согласована на портале № 3715

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		6 семестр
Аудиторные занятия (всего)	60	60
Лекции	24	24
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	18	18
Из них в интерактивной форме	13	13
Самостоятельная работа (всего)	48	48
Оформление отчетов по лабораторным работам	18	18
Проработка лекционного материала	12	12
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	18	18
Всего (без экзамена)	108	108
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость час	144	144
Зачетные Единицы Трудоемкости	4.0	4.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

№	Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1	Алфавит как основа цифровой связи.	3	2	0	4	9	ПК-6
2	Преобразование аналоговой информации в цифровую и обратно.	3	2	12	16	33	ПК-6
3	Помехи и ошибки в цифровой связи.	5	0	0	5	10	ПК-6
4	Избыточное кодирование как способ борьбы с ошибками.	6	7	6	12	31	ПК-6
5	Экономное кодирование как способ борьбы с избыточностью.	3	3	0	5	11	ПК-6
6	Демодуляция цифровых сигналов - один бит на бод.	4	4	0	6	14	ПК-6
	Итого	24	18	18	48	108	

Согласована на портале № 3715

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
1 Алфавит как основа цифровой связи.	Символы и их источники. Сигналы как носители символов. Векторная модель радиосигналов. Векторная модель видеосигналов.	3	ПК-6
	Итого	3	
2 Преобразование аналоговой информации в цифровую и обратно.	Выборка идеально измеренных отсчетов сигнала. Измерение последовательным счетом. Измерение поразрядным взвешиванием (в том числе делением отрезка пополам).	3	ПК-6
	Итого	3	
3 Помехи и ошибки в цифровой связи.	Тепловой шум. Многолучевость и её проявления. Вероятность ошибки при приеме. Перемежение символов.	5	ПК-6
	Итого	5	
4 Избыточное кодирование как способ борьбы с ошибками.	Табличные кодыЛинейные (n, k) кодыЦиклические кодыСвёрточные коды	6	ПК-6
	Итого	6	
5 Экономное кодирование как способ борьбы с избыточностью.	Количество информации: определение Клода Шеннона. Среднее количество информации (энтропия). Информация собственная и взаимная. Принцип экономного кодирования. Коды Хаффмана и Шеннона-Фано. Код Лемпела-Зива LZ78.	3	ПК-6
	Итого	3	
6 Демодуляция цифровых сигналов - один бит на бод.	Постановка задачи демодуляции. Решение задачи для помехи типа белый гауссов шум в канале с постоянными параметрами. Когерентные системы. Амплитудная манипуляция. Фазовая манипуляция. Частотная манипуляция. Некогерентные системы. Амплитудная манипуляция. Частотная манипуляция. Частично-когерентные системы. Относительная фазовая манипуляция.	4	ПК-6
	Итого	4	

Согласована на портале № 3715

Итого за семестр		24	

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

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представ-лены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

№	Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин					
		1	2	3	4	5	6
Предшествующие дисциплины							
1	Дискретная математика	+			+		
2	Космические системы связи			+	+		+
3	Линейная алгебра и аналитическая геометрия				+		+
4	Общая теория радиосвязи	+	+	+	+	+	+
5	Основы статистической радиотехники						+
6	Радиоавтоматика						+
7	Статистическая теория радиотехнических систем						+
8	Теория вероятностей и математическая статистика	+		+	+	+	
9	Цифровая обработка сигналов						+
Последующие дисциплины							
1	Метрология и радиоизмерения		+				
2	Многоканальные цифровые системы передачи	+	+	+	+	+	+

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5. 4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	

Согласована на портале № 3715

ПК-6	+	+	+	+	Контрольная работа, Домашнее задание, Экзамен, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Компонент своевременности, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лабораторные занятия	Интерактивные лекции	Всего
Презентации с использованием слайдов с обсуждением			5	5
Исследовательский метод		4		4
Работа в команде	4			4
Итого	4	4	5	13

7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

Названия разделов	Содержание лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
2 Преобразование аналоговой информации в цифровую и обратно.	Спектры импульсно-модулированных сигналов.	4	ПК-6
	Система связи с дельта-модуляцией.	4	
	Преобразователи непрерывных величин в цифровой код.	4	
	Итого	12	
4 Избыточное кодирование как способ борьбы с ошибками.	Биортогональные коды.	2	ПК-6
	Сверточные коды.	4	
	Итого	6	
Итого за семестр		18	

8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Согласована на портале № 3715

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

Названия разделов	Содержание практических занятий	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
1 Алфавит как основа цифровой связи.	Символы. Алфавит. Кодовые слова.	2	ПК-6
	Итого	2	
2 Преобразование аналоговой информации в цифровую и обратно.	Аналого-цифровое преобразование.	2	ПК-6
	Итого	2	
4 Избыточное кодирование как способ борьбы с ошибками.	Линейные блочные коды.	2	ПК-6
	Циклические коды.	3	
	Сверточные коды.	2	
	Итого	7	
5 Экономное кодирование как способ борьбы с избыточностью.	Коды Хаффмана, Шеннона-Фано, Лемпела-Зива.	3	ПК-6
	Итого	3	
6 Демодуляция цифровых сигналов - один бит на бод.	Векторная модель сигналов ФМ-4, ФМ-8. Код Грея. Расчет вероятности битовой ошибки через вероятность символьной. Расчет вероятности символьной ошибки.	4	ПК-6
	Итого	4	
Итого за семестр		18	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
6 семестр				
1 Алфавит как основа цифровой связи.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-6	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Тест, Контрольная работа, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	4		
2 Преобразование аналоговой информации в цифровую и обратно.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-6	Домашнее задание, Экзамен, Отчет по лабораторной работе,

Согласована на портале № 3715

	Проработка лекционного материала	2		Компонент своевременности
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	16		
3 Помехи и ошибки в цифровой связи.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ПК-6	Домашнее задание, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	5		
4 Избыточное кодирование как способ борьбы с ошибками.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-6	Домашнее задание, Тест, Контрольная работа, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Компонент своевременности
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	12		
5 Экономное кодирование как способ борьбы с избыточностью.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ПК-6	Домашнее задание, Контрольная работа, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	5		
6 Демодуляция цифровых сигналов - один бит на бод.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-6	Домашнее задание, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	6		
Итого за семестр		48		
	Подготовка к экзамену	36		Экзамен
Итого		84		

Согласована на портале № 3715

10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Бальные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
6 семестр				
Домашнее задание	7	7	7	21
Компонент своевременности	2	2	2	6
Конспект самоподготовки	4	4	4	12
Контрольная работа		4	4	8
Отчет по лабораторной работе		8	8	16
Тест		4	3	7
Итого максимум за период	13	29	28	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	13	42	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

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)	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	

Согласована на портале № 3715

	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Теория и техника передачи информации: Учебное пособие / Акулиничев Ю. П., Бернгардт А. С. – 2012. 210 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/training/publications/1750, свободный.
2. Демодуляция бинарных цифровых сигналов. Статистический подход: Учебное пособие для студентов радиотехнических специальностей / Новиков А. В. – 2016. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/training/publications/6059, свободный.

12.2. Дополнительная литература

1. Системы цифровой радиосвязи. Базовые методы и характеристики : Учебное пособие для вузов / Л. Н. Волков, М. С. Немировский, Ю. С. Шинаков. - М. : Экотрендз, 2005. - 390[2] с. : ил., табл., портр. - (Библиотека МТС & GSM). - Библиогр.: с. 388-390. - ISBN 5-88405-071-2 : 269.01 р. (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.)
2. Радиосистемы передачи информации : Учебное пособие для вузов / В. А. Васин [и др.] ; ред. : И. Б. Федоров, В. В. Калмыков. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 471[1] с. : ил. - (Специальность для высших учебных заведений). - Библиогр.: с. 467-469. - ISBN 5-93517-232-1 : 209.99 р. (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.)
3. Цифровая связь : Пер. с англ. / Джон Прокис; Ред. пер. Д. Д. Кловский, Пер. Д. Д. Кловский, Пер. Б. И. Николаев. - М. : Радио и связь, 2000. - 798[2] с. : ил. - Библиогр.: с. 776-787. - ISBN 5-256-01434-X (в пер.) : 565.00 р., 563.00 р. (наличие в библиотеке ТУСУР - 7 экз.)

12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Теория и техника передачи информации : Методические указания по проведению лабораторных работ и организации самостоятельной работы студентов / Бернгардт А. С., Новиков А. В. – 2015. 48 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/training/publications/4978, свободный.
2. Теория и техника передачи информации: Учебно - методическое пособие для проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов / Акулиничев Ю. П. - 2012. 202 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1754, свободный.

12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Data_transmission

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория 432 радиотехнического корпуса ТУСУРа для проведения лабораторных работ (семь макетов и пять компьютеров с доступом в Интернет). Рассчитана на одну группу.

14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Без рекомендаций.

Согласована на портале № 3715

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Цифровая связь

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль): **Микроволновая техника и антенны**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **СВЧиКР, Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники**
Курс: **3**
Семестр: **6**

Учебный план набора 2013 года

Разработчики:

- доцент кафедры каф. РТС Новиков А. В.

Экзамен: 6 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 3715

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) 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 (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ПК-6	готовностью выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	Должен знать Вероятностные принципы цифровой связи (символы, алфавит, кодовые слова). Векторные модели видео- и радиосигналов. Принципы аналого-цифрового преобразования (выборка отсчетов, кодирование поразрядным взвешиванием, последовательным счетом). Модель теплового шума в виде белого гауссового шума. Способы расчета вероятности ошибки для разных моделей каналов связи (каналы без памяти, с памятью, со стиранием символов, без стирания). Основные коды для борьбы с ошибками (линейные блочные, циклические, сверточные). Основные принципы теории информации. Основные экономные коды (Хаффмана, Шеннона-Фано, Лемпела-Зива). Спектральные характеристики сигналов с линейной модуляцией. Основы корреляционного приема на фоне белого гауссового шума. Основные виды манипуляции несущей (АМ, ФМ, ЧМ) и способы когерентной, некогерентной и частично-когерентной демодуляции. Основные виды кодирования видеосигналов (NRZ, AMI, MLT-3, NRZI, Манчестерский код).; Должен уметь Вычислять числовые характеристики случайных величин (например, среднюю мощность случайного сигнала с многоуровневой АМ). Оценивать полосу частот видеосигналов с линейной частотной модуляцией. Анализировать векторную диаграмму измеряемого радиосигнала. Определять требуемую частоту дискретизации для заданного сигнала. Оценивать отношение сигнал-шум для заданных условий (тип сигнала, полоса обрабатываемых частот, модель МШУ и т. п.). Составлять формулы для

Согласована на портале № 3715

		вероятностей ошибки после декодирования (код Грея, дифференциальный код, помехоустойчивые коды) для заданного канала связи. Кодировать и декодировать линейными блочными кодами, в том числе циклическими и сверточными. Кодировать и декодировать экономными кодами (код Хаффмана, Шеннона-Фано, Лемпела-Зива). Оценивать пропускную способность канала связи. Вычислять (по таблицам, а также с помощью ЭВМ) вероятности символьной ошибки для простых АМ, ЧМ и ФМ демодуляторов, а также сложных (КАМ-М). Находить причинно-следственные связи в решаемых задачах для составления левой и правой части уравнений.; Должен владеть Способами постановки и решения вероятностных радиотехнических задач применительно к системам связи.;

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций 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

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ПК-6

ПК-6: готовностью выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.

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

Согласована на портале № 3715

представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Знает основные принципы работы узлов и устройств радиотехнических систем связи.	Умеет читать и понимать техническую документацию к узлам и устройствам радиотехнических систем, а также пользоваться средствами автоматизации проектирования.	Владеет математическим аппаратом анализа радиотехнических систем связи.
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Домашнее задание; • Экзамен; • Конспект самоподготовки; • Тест; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Домашнее задание; • Экзамен; • Конспект самоподготовки; • Тест; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Домашнее задание; • Экзамен; • Экзамен;

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

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Знает границы применимости математических моделей, использующихся в средствах автоматизации проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических	• Умеет обобщать освоенный материал по средствам автоматизации проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем, а также строить планы по дальнейшему изучению. ;	• Владеет разными способами решения нетривиальных задач при расчете и проектировании деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств

Согласована на портале № 3715

	систем.;		автоматизации проектирования.;
Хорошо (базовый уровень)	• Знает функциональные блоки и их математические модели, использующиеся в средствах автоматизации проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем.;	• Умеет отделять главное от второстепенного при работе с технической документацией и литературой по средствам автоматизации проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем.;	• Владеет альтернативными способами решения базовых задач при расчете и проектировании деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Знает основные средства автоматизации проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем.; • Знает основные стандартные обозначения деталей, узлов и устройств радиотехнических систем.;	• Умеет читать техническую документацию и литературу по средствам автоматизации проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем.;	• Владеет способами решения базовых задач при расчете и проектировании деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.;

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Вопросы на самоподготовку

– 1) В чем разница понятий «информация» и «сигнал»? 2) Приведите примеры радиоэлектронных устройств, предназначенных не для передачи информации. 3) Назовите два основных признака того, что сигнал не несет информации. 4) Почему для математического описания сигналов используют вероятностные модели? 5) Может ли детерминированный сигнал переносить информацию? 6) Какие случайные события (величины) называются независимыми? 7) Что нужно задать для полного вероятностного описания: символа? последовательности символов? 8) Сформулируйте, в чем состоит отличие цифрового сигнала от дискретного, от непрерывного. 9) Что нужно задать для полного вероятностного описания: последовательности отсчетов сигнала; непрерывной случайной функции? 10) В чем отличие аддитивной помехи от мультипликативной? Приведите примеры каналов связи с такими помехами. 11) Какие преимущества дает представление сигналов как элементов векторного пространства? 12) В чем отличие Евклидова пространства от пространства Хемминга? 13) Будут ли линейно независимые сигналы ортогональными?

– 1) Опишите этапы аналого-цифрового преобразования непрерывного сигнала. 2) Опишите этапы цифро-аналогового преобразования. 3) Изобразите обобщенную модель системы передачи информации. Опишите функции кодера и декодера. 4) Приведите несколько примеров преобразователей сообщения в первичный сигнал. 5) Зачем нужна модуляция? Назовите виды

Согласована на портале № 3715

аналоговой модуляции гармонической несущей. 6) Назовите способы манипуляции гармонической несущей. Чем обусловлен выбор того или иного способа? 7) Каковы недостатки многопозиционных методов манипуляции гармонической несущей? 8) Из каких соображений выбирается шаг квантования непрерывного сигнала по напряжению? 9) Из каких соображений выбирается шаг квантования непрерывного сигнала по времени? 10) Дайте определения терминов: сообщение, сигнал, помеха, канал связи, линия связи, многоканальная связь, многостанционный доступ, техническая скорость передачи. 11) Почему шаг квантования непрерывного сигнала по времени выбирается меньше того значения, которое следует из теоремы отсчетов? 12) Укажите стандартную частоту квантования во времени (отсчетов/с) телефонного сигнала. 13) Укажите количество разрядов в стандартном АЦП, применяемом при преобразовании телефонного сигнала. 14) Что удобнее применять на практике — коррелятор или согласованный фильтр?

– 1) Чем определяется корректирующая способность кода? Поясните на примере. 2) Какие коды называются корректирующими? 3) Что значит «обнаружить ошибки» при декодировании кодовой комбинации? 4) Что значит «исправить ошибки» при декодировании кодовой комбинации? 5) Каков характерный признак, позволяющий отличить кодовую таблицу линейного блочного кода от кодовых таблиц других кодов? 6) Что такое проверочная матрица линейного блочного кода? Как она используется при обнаружении ошибок в принятой комбинации? 7) Каков характерный признак, позволяющий отличить кодовую таблицу циклического кода от кодовых таблиц других кодов? 8) Чему равно количество комбинаций в кодовой таблице линейного блочного кода? 9) Почему в проверочной матрице не может быть нулевых столбцов, строк? 10) Какой смысл имеют строки проверочной матрицы? 11) По каким признакам можно определить, что проверочная матрица принадлежит коду, способному исправить любую одиночную ошибку? 12) Чем обусловлена популярность циклических кодов? Из каких логических элементов состоят кодер и декодер? 13) В чем заключается фундаментальное свойство комбинаций циклического кода? 14) Может ли помехоустойчивый код быть безизбыточным? 15) Почему декодирование по минимуму расстояния применяется редко? 16) Являются ли сверточные коды блочными и чем обусловлена их популярность? 17) Какова цель перемежения символов? 18) Какие способы комбинирования кодов используют в системах связи?

– 1) Что такое собственная информация и энтропия дискретной случайной величины? 2) При каких условиях максимальна энтропия совокупности двух символов и чему она равна? 3) Что такое избыточность дискретного источника? 4) Может ли равномерный код быть оптимальным (безизбыточным)? 5) Дайте определение взаимной информации переданного и принятого символов. Как влияет на ее величину интенсивность помех в канале связи? 6) Что такое избыточность сигнала? В каких случаях она полезна, а когда нет? 7) Когда полезно применять кодирование с малой избыточностью? 8) Какой смысл вкладывают в понятия: «кодирование источника», «канальное кодирование»? 9) Каково значение минимально-возможной средней длины кодовой комбинации? 10) Всегда ли удается закодировать сигнал так, чтобы избыточность на выходе кодера была нулевой? 11) Когда полезно кодировать блоки букв, а не отдельные буквы? 12) Какой способ разделения кодовых комбинаций применяется в кодах, обладающих малой избыточностью? 13) В чем заключается главный недостаток кодов Хаффмана и Шеннона—Фано? 14) Откуда берется кодовая таблица, используемая при кодировании кодом Лемпела—Зива? 15) От чего зависит пропускная способность непрерывного канала связи с аддитивным белым шумом?

– 1) Дайте определения когерентной и некогерентной системы передачи информации (СПИ). 2) Сформулируйте задачу, решаемую демодулятором сигнала в цифровой СПИ. 3) Опишите преобразования принимаемых импульсов при демодуляции двоичного сигнала, не искаженного в канале передачи. 4) Приведите схему оптимального демодулятора двоичных сигналов в когерентной СПИ. 5) Приведите схему оптимального демодулятора двоичных сигналов в частично-когерентной СПИ при использовании ОФМ. 6) Запишите формулу для определения полной вероятности ошибки на выходе оптимального демодулятора двоичных сигналов в когерентной СПИ. 7) Запишите формулу для определения полной вероятности ошибки на выходе оптимального демодулятора двоичных сигналов в частично-когерентной СПИ при использовании ОФМ. 8) Почему в цифровых СПИ не применяются методы ОФМ с кратностью большей трех? 9) В которой из радиолиний — «Земля — ИСЗ» или «ИСЗ — Земля» — можно обеспечить более высокое качество передачи и почему? 10) Покажите, что при большом отношении сигнал/шум

Согласована на портале № 3715

некогерентная СПИ мало уступает когерентной СПИ. 11) Укажите физические явления, приводящие к тому, что передаточные характеристики канала связи становятся случайными. 12) Дайте определение многолучевой линии. 13) При каких условиях становятся существенными искажения сигнала, обусловленные частотно-селективными замираниями? 14) Какой метод является основным для повышения устойчивости связи в каналах с замираниями? 15) Опишите методы комбинирования разнесенных сигналов. 16) Почему применение автоматической регулировки усиления при одиночном приеме сигнала в канале с замираниями не уменьшает вероятности ошибки при его демодуляции? 17) Всегда ли целесообразно применять помехоустойчивое кодирование для уменьшения итоговой битовой вероятности ошибки? 18) При каких условиях можно использовать мягкую процедуру вынесения решения в процессе приема цифровых сигналов? 19) Какой обработке подвергается цифровой сигнал в регенераторе? 20) Перечислите преимущества цифровых СПИ перед аналоговыми. 21) Какова суть порогового эффекта, характерного для цифровых СПИ и проявляющегося при изменении уровня полезного сигнала по отношению к уровню помех.

3.2 Тестовые задания

– Можно ли по генераторному полиному построить генераторную матрицу? -Да; -Нет; -Не всегда.

– Степень генераторного полинома определяет: -Количество символов на входе кодера; -Количество проверочных символов; -Ничего не определяет.

– Остаток от деления принятого полинома на генераторный является: -Синдромом линейного блочного кода; -Декодированным словом; -Мусором.

– Сколько разных двукратных ошибок в слове из 7 битов? -14; -21; -9.

– Сколько разных однократных ошибок в слове из 7 тритов (троичных символов)? -7; -14; -21.

– Математическая модель теплового шума: -Белый шум; -Розовый шум; -Прозрачный шум.

– Единица измерения спектральной плотности мощности: -Дж/Гц; -Вт/Гц; -В/Гц.

3.3 Темы домашних заданий

– Сколько битов потребуется выделить под кодовое слово для однозначного кодирования символа, принимающего четыре значения? Шестнадцать? m значений?

– Сколько разных кодовых слов длиной четыре бита можно набрать, если количество единиц равно двум? Одному? Трём? Нулю? Четырём?

– Вычислить количество трёхкратных ошибок в слове из семи битов. Четырёхкратных.

– Изобразить на векторной диаграмме числа-символы 1, -1, i, -i, sqrt(i), -sqrt(i), sqrt(-i), -sqrt(-i). Вычислить геометрическое расстояние между 1 и sqrt(i) и и показать его на векторной диаграмме.

– Составить кодовую таблицу наибольшей длины для двоичного кода, способного обнаруживать все однократные ошибки. Длина кодового слова равна трём. Определить кодовое расстояние, длину входного слова и избыточность.

– Составить кодовую таблицу наибольшей длины для двоичного кода, способного исправлять все однократные ошибки. Длина кодового слова равна трём. Определить кодовое расстояние, длину входного слова и избыточность.

– Дана кодовая таблица двоичного кода (0000), (0011), (1100), (1111). Сколько однократных ошибок обнаруживает данный код? Двукратных? Трёхкратных?

– Привести линейный блочный код с генераторной матрицей G=(1,0,1; 0,1,1) к циклическому виду. Найти генераторный полином и проверочный.

– Разделить двумя способами полином x^5+x^3 на x^3+x+1. Первый способ — деление в столбик, второй — регистр сдвига с линейными обратными связями.

3.4 Экзаменационные вопросы

– Символы и их источники: символ, алфавит, кодирование, источник символов, вероятностный принцип, избыточность.

– Векторная модель радиосигналов: векторная диаграмма, квадратурные составляющие. Пример суммы двух синусоид одинаковой амплитуды и частоты с разностью фаз 90 градусов.

Согласована на портале № 3715

– Векторная модель видеосигналов: дискретизация, норма, скалярное произведение, расстояние между двумя векторами, ортогональность, линейная независимость, матрица Грама. Примеры для векторов с элементами из двоичных символов.

– Количество информации, единицы измерения, свойства. Собственная информация, энтропия, избыточность.

– Средняя взаимная информация. Скорость создания, скорость передачи и скорость потери информации.

– Пропускная способность дискретного канала связи, определение. Пропускная способность двоичного симметричного канала. Пропускная способность непрерывного канала.

– Кодирование источника. Теорема Шеннона для канала без помех. Эффективные коды, принципы эффективного кодирования.

– Код Хаффмана, пример кодирования алфавита из 4-х символов с вероятностями (1/8, 1/8, 1/4, 1/2), избыточность и эффективность до и после кодирования.

– Код Шеннона-Фано, пример кодирования алфавита из 4-х символов с вероятностями (1/8, 1/8, 1/4, 1/2), избыточность и эффективность до и после кодирования.

– Сжатие информации. Алгоритм Лемпела-Зива (LZ78) на примере входной последовательности 1001111111110.

– Линейные блочные коды. Кодовое расстояние, кратность обнаруживаемых и исправляемых ошибок.

– Линейные блочные коды. Производящая и проверочная матрицы. Приведение к систематическому коду. Определение кодового расстояния по матрицам G и H.

– Код Хемминга. Свойства. Структура проверочной матрицы. Систематический код Хэмминга (7, 4).

– Циклические коды. Основные свойства. Производящий и проверочный полиномы, матрицы G и H. Требования к производящему полиному.

– Циклические коды. Алгоритмы кодирования циклического кода, схема кодера систематического кода.

– Алгоритм декодирования циклического кода, схема декодера циклического кода.

– Сверточные коды. Производящие полиномы, импульсная характеристика, производящая матрица. Схема кодера, диаграмма состояний, решётка кода на примере кода с G1(x) = 1, G2(x) = 1+x. Закодировать последовательность 11001111.

– Сверточные коды. Алгоритм декодирования Витерби на примере несистематического кода с G1(x) = 1+x+x*x, G2(x) = 1+x*x. Декодировать последовательность 11 01 11 01 11. В каком кодовом слове (xy) ошибка?

– Сверточные коды. Алгоритм порогового декодирования на примере систематического кода с G1(x) = 1, G2(x) = 1+x. Декодировать последовательность 11 10 10 01 00 10 00 00. В каком кодовом слове (xy) ошибка?

– Использование канала переспроса. Определение вероятностей ошибок при работе декодера в режиме обнаружения ошибок при независимых ошибках. Битовая вероятность ошибки.

– Определение вероятностей ошибок при работе декодера в режиме исправления ошибок при независимых ошибках. Вероятность битовой ошибки.

3.5 Темы контрольных работ

– Корректирующие коды.
– Линейные блочные коды.
– Битовая вероятность ошибки при передаче цифрового сигнала.
– Регенерация цифрового сигнала при передаче на большие расстояния.

3.6 Темы лабораторных работ

– Спектры импульсно-модулированных сигналов.
– Система связи с дельта-модуляцией.
– Преобразователи непрерывных величин в цифровой код.
– Биортогональные коды.

Согласована на портале № 3715

– Сверточные коды.

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Теория и техника передачи информации: Учебное пособие / Акулиничев Ю. П., Бернгардт А. С. – 2012. 210 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/training/publications/1750, свободный.
2. Демодуляция бинарных цифровых сигналов. Статистический подход: Учебное пособие для студентов радиотехнических специальностей / Новиков А. В. – 2016. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/training/publications/6059, свободный.

4.2. Дополнительная литература

1. Системы цифровой радиосвязи. Базовые методы и характеристики : Учебное пособие для вузов / Л. Н. Волков, М. С. Немировский, Ю. С. Шинаков. - М. : Экотрендз, 2005. - 390[2] с. : ил., табл., портр. - (Библиотека МТС & GSM). - Библиогр.: с. 388-390. - ISBN 5-88405-071-2 : 269.01 р. (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.)
2. Радиосистемы передачи информации : Учебное пособие для вузов / В. А. Васин [и др.] ; ред. : И. Б. Федоров, В. В. Калмыков. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 471[1] с. : ил. - (Специальность для высших учебных заведений). - Библиогр.: с. 467-469. - ISBN 5-93517-232-1 : 209.99 р. (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.)
3. Цифровая связь : Пер. с англ. / Джон Прокис; Ред. пер. Д. Д. Кловский, Пер. Д. Д. Кловский, Пер. Б. И. Николаев. - М. : Радио и связь, 2000. - 798[2] с. : ил. - Библиогр.: с. 776-787. - ISBN 5-256-01434-X (в пер.) : 565.00 р., 563.00 р. (наличие в библиотеке ТУСУР - 7 экз.)

4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Теория и техника передачи информации : Методические указания по проведению лабораторных работ и организации самостоятельной работы студентов / Бернгардт А. С., Новиков А. В. – 2015. 48 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/training/publications/4978, свободный.
2. Теория и техника передачи информации: Учебно - методическое пособие для проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов / Акулиничев Ю. П. - 2012. 202 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1754, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Data_transmission

Согласована на портале № 3715