

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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



УТВЕРЖДАЮ

Директор департамента образования

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Цифровая связь

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки / специальность: **11.03.01 Радиотехника**

Направленность (профиль) / специализация: **Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов**

Форма обучения: **заочная (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий)**

Факультет: **ФДО, Факультет дистанционного обучения**

Кафедра: **РСС, Кафедра радиоэлектроники и систем связи**

Курс: **3**

Семестр: **6**

Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
1	Самостоятельная работа под руководством преподавателя	12	12	часов
2	Лабораторные работы	8	8	часов
3	Контроль самостоятельной работы	2	2	часов
4	Всего контактной работы	22	22	часов
5	Самостоятельная работа	118	118	часов
6	Всего (без экзамена)	140	140	часов
7	Подготовка и сдача зачета	4	4	часов
8	Общая трудоемкость	144	144	часов
			4.0	З.Е.

Контрольные работы: 6 семестр - 1

Зачет: 6 семестр

Томск 2018

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.01 Радиотехника, утвержденного 06.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТЭО «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчики:

ассистент каф. ТЭО \_\_\_\_\_ Д. С. Шульц  
доцент каф. РТС \_\_\_\_\_ В. П. Пушкарев

Заведующий обеспечивающей каф.  
ТЭО \_\_\_\_\_ В. В. Кручинин

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФДО \_\_\_\_\_ И. П. Черкашина  
Заведующий выпускающей каф.  
РСС \_\_\_\_\_ А. В. Фатеев

Эксперты:

Доцент кафедры технологий  
электронного обучения (ТЭО) \_\_\_\_\_ Ю. В. Морозова  
Старший преподаватель кафедры  
радиоэлектроники и систем связи  
(РСС) \_\_\_\_\_ Ю. В. Зеленецкая

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Формирование представлений об особенностях современных и перспективных систем передачи информации

### 1.2. Задачи дисциплины

- Изучение современных методов модуляции и кодирования
- Приобретение навыков компьютерного моделирования систем связи
- Овладение навыками чтения справочной документации

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Цифровая связь» (Б1.В.ДВ.5.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Основы построения компьютерных сетей, Основы статистической радиотехники, Теория вероятностей и математическая статистика, Цифровая обработка сигналов.

Последующими дисциплинами являются: Многоканальные цифровые системы передачи, Радиоавтоматика, Устройства генерирования и формирования сигналов, Устройства приема и обработки сигналов.

## 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 обучающийся должен:

- **знать** фундаментальное свойство линейных блочных кодов. Правило кодирования линейным блочным кодом. Структуру порождающих и проверочных матриц линейного блочного кода в систематической форме. Правило вычисления синдрома линейного блочного кода по проверочной матрице. Роль синдрома при обнаружении/исправлении ошибок, а также восстановлении стертых символов. Правило определения кодового расстояния линейного блочного кода по кодовой таблице. Способ определения кратностей гарантированно обнаруживаемых, гарантированно исправляемых ошибок, а также гарантированно восстанавливаемых стертых символов. Фундаментальное свойство циклических кодов. Правило кодирования циклическим кодом в систематической и несистематической формах. Способ деления и умножения полиномов с помощью цифровых фильтров, соответственно, рекурсивных и трансверсальных. Роль остатка от деления при декодировании циклических кодов. Особенности сверточных кодов. Алгоритм Витерби декодирования сверточных кодов. Особенности кодов с разреженными проверками на четность (LDPC). Способ мягкого итеративного декодирования кодов LDPC. Определение энтропии источника. Способы вычисления энтропии источника. Связь между взаимной зависимостью символов и энтропией источника. Принципы векторного квантования сообщений. Способ построения кода Хаффмана. Способ построения кода Шеннона-Фано. Способ расчета нижней границы для средней длины кода. Способ вычисления избыточности до и после кодирования. Способ вычисления пропускной способности каналов. Роль модуляции в системах передачи информации. Различие между аналоговой и цифровой модуляцией. Спектральный состав сигналов для основных методов модуляции: амплитудной, частотной и фазовой. Роль формирующих фильтров и влияние межсимвольной интерференции. Взаимосвязь методов модуляции с классами выходных усилителей мощности. Принципы модуляции множества ортогональных несущих (OFDM). Влияние фазового шума на производительность систем связи. Отношение сигнал-шум для цифровых систем связи. Об энергетической и частотной эффективности систем связи

- **уметь** составлять кодовую таблицу линейного блочного кода по его матрице. Приводить матрицы линейных блочных кодов к систематической форме. Определять кодовое расстояние линейного блочного кода по его проверочной матрице, а также по кодовой таблице. Делить и умножать полиномы над полем Галуа  $GF(2)$  двумя способами: алгебраически и с помощью цифровых фильтров. Составлять диаграмму состояний и решетку сверточного кода.

Составлять дерево кода Хаффмана. Составлять код Шеннона-Фано. Вычислять энтропию заданного источника. Вычислять избыточность до и после кодирования сжимающим кодом. Вычислять пропускную способность двоичного симметричного канала связи и канала со стираниями. На качественном уровне изображать спектральные диаграммы сигналов с модуляциями: амплитудной (АМ), фазовой (ФМ), частотной (ЧМ) и OFDM.

– **владеть** методами компьютерного моделирования современных и перспективных систем связи. Элементами проектирования современных и перспективных систем связи

#### 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
Контактная работа (всего)	22	22
Самостоятельная работа под руководством преподавателя (СРП)	12	12
Лабораторные работы	8	8
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
Самостоятельная работа (всего)	118	118
Подготовка к контрольным работам	24	24
Оформление отчетов по лабораторным работам	8	8
Подготовка к лабораторным работам	4	4
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	82	82
Всего (без экзамена)	140	140
Подготовка и сдача зачета	4	4
Общая трудоемкость, ч	144	144
Зачетные Единицы	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	СРП, ч	Лаб. раб., ч	КСР, ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
6 семестр						
1 Модуляция. Спектральный состав	1	4	2	16	21	ПК-6
2 Формирующий и согласованный фильтры. Их роль. Частотная манипуляция с непрерывной фазой.	1	0		9	10	ПК-6
3 Экономные (сжимающие) коды	1	0		9	10	ПК-6
4 Пропускная способность каналов связи.	1	0		9	10	ПК-6

5 Частотная и энергетическая эффективность систем радиосвязи.	1	0		9	10	ПК-6
6 Принципы синхронизации в системах связи	1	0		9	10	ПК-6
7 Принципы расширения спектра сигналов в системах связи	1	0		9	10	ПК-6
8 Принципы модуляции OFDM	1	0		8	9	ПК-6
9 Линейные блочные коды	1	0		8	9	ПК-6
10 Циклические коды	1	0		8	9	ПК-6
11 Коды Рида-Соломона	1	0		8	9	ПК-6
12 Сверточные коды	1	4		16	21	ПК-6
Итого за семестр	12	8	2	118	140	
Итого	12	8	2	118	140	

## 5.2. Содержание разделов дисциплины (самостоятельная работа под руководством преподавателя)

Содержание разделов дисциплин (самостоятельная работа под руководством преподавателя) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (самостоятельная работа под руководством преподавателя)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (самостоятельная работа под руководством преподавателя)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>6 семестр</b>			
1 Модуляция. Спектральный состав	Роль модуляции в системах передачи информации. Различия аналоговой и цифровой модуляции. Требования к спектрам сигналов в современных системах передачи информации. Тепловой шум. Спектральная плотность мощности сигнала. Спектры сигналов с АМ, ФМ, ЧМ и OFDM модуляциями. Три поколения цифровых систем связи: аналоговые, гибридные и цифровые.	1	ПК-6
	Итого	1	
2 Формирующий и согласованный фильтры. Их роль. Частотная манипуляция с непрерывной фазой.	Спектральная плотность случайной последовательности импульсов прямоугольной формы. Скорость спада мощности в зависимости от частоты. Необходимость сглаживания фронтов импульсов. Фильтр "приподнятого" косинуса. Особенности реализации фильтра в цифровом виде: влияние на формируемый спектр факторов дискретности и ограниченности по времени импульсной характеристики; влияние цифро-аналогового преобразователя. Тепловой шум как ограничитель производительности систем	1	ПК-6

	связи. Согласованный фильтр как фильтр, доставляющий максимум отношению сигнал-шум при наличии аддитивного белого шума. Необходимость согласования амплитудночастотной характеристики (АЧХ) формирующего фильтра с АЧХ согласованного. Фильтр "корень" из "приподнятого" косинуса.		
	Итого	1	
3 Экономные (сжимающие) коды	Собственная информация. Энтропия источника. Избыточность. Взаимная информация. Принципы векторного квантования источника	1	ПК-6
	Итого	1	
4 Пропускная способность каналов связи.	Скорость передачи информации. Пропускная способность. Пропускная способность двоичного симметричного канала связи. Пропускная способность канала со стираниями.	1	ПК-6
	Итого	1	
5 Частотная и энергетическая эффективность систем радиосвязи.	Связь между "аналоговым" и "цифровым" отношениями сигнал-шум. Нормированная пропускная способность канала. Скорость кодирования. Теорема Шеннона, ее иллюстрация. Предел Шеннона, предел двоичного канала связи: жесткие решения и мягкие решения.	1	ПК-6
	Итого	1	
6 Принципы синхронизации в системах связи	Когерентность при приеме и обработке сигнала. Восстановление несущей частоты. Петля Костаса. Восстановление тактовых импульсов. Детектор Гарднера.	1	ПК-6
	Итого	1	
7 Принципы расширения спектра сигналов в системах связи	Достоинства сигналов с расширенным спектром. Псевдослучайные последовательности (M-последовательности). Коды Голда	1	ПК-6
	Итого	1	
8 Принципы модуляции OFDM	Иллюстрация недостатка частотного разделения каналов. Иллюстрация ортогональности несущих при выполнении операции дискретного преобразования Фурье (ДПФ). Необходимость циклического префикса для снижения вредного влияния многолучевости. Параметры модуляции OFDM в системах связи 4G LTE. Структурные схемы передатчика и приемника с OFDM.	1	ПК-6

	Итого	1	
9 Линейные блочные коды	Порождающая матрица. Кодовая таблица. Кодовое расстояние. Кратность обнаружения, исправления и восстановления стертых символов. Определение кодового расстояния по кодовой таблице. Систематическая форма порождающей матрицы. Проверочная матрица. Синдром. Разложение векторного пространства на смежные классы. Определение кодового расстояния по проверочной матрице	1	ПК-6
	Итого	1	
10 Циклические коды	Фундаментальное свойство циклических кодов. Нуль-полином и его факторизация. Порождающий полином и его единственность для заданного кода. Связь порождающего полинома и порождающей матрицы. Проверочный полином, его связь с проверочной матрицей. Систематический циклический код. Систематический кодер на основе цифрового фильтра. Роль остатка от деления двух полиномов. Декодирование с исправлением ошибки. Декодирование с восстановлением стертых символов.	1	ПК-6
	Итого	1	
11 Коды Рида-Соломона	Исследование кода Рида-Соломона над полем $GF(p)$	1	ПК-6
	Итого	1	
12 Сверточные коды	Порождающие полиномы. Схема кодирующего устройства. Диаграмма состояний кодера. Разрешенные кодовые последовательности. Свободное расстояние кода. Пороговое декодирование кода. Решетка кода. Алгоритм декодирования по Витерби	1	ПК-6
	Итого	1	
Итого за семестр		12	

### 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 представлены 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	7	8	9	10	11	12
Предшествующие дисциплины												

1 Основы построения компьютерных сетей	+	+	+	+			+				+		+
2 Основы статистической радиотехники	+	+					+	+					
3 Теория вероятностей и математическая статистика				+	+								
4 Цифровая обработка сигналов									+				
<b>Последующие дисциплины</b>													
1 Многоканальные цифровые системы передачи	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Радиоавтоматика							+						
3 Устройства генерирования и формирования сигналов	+	+						+	+				
4 Устройства приема и обработки сигналов	+	+					+	+	+				

#### 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, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	СРП	Лаб. раб.	КСР	Сам. раб.	
ПК-6	+	+	+	+	Контрольная работа, Проверка контрольных работ, Отчет по лабораторной работе, Зачет, Тест

#### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

#### 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>6 семестр</b>			
1 Модуляция. Спектральный состав	Лабораторная работа "Изучение спектров сигналов с линейной модуляцией"	4	ПК-6
	Итого	4	
12 Сверточные коды	Лабораторная работа "Изучение сверточных кодов со скоростью"	4	ПК-6



	кодирования 1/2: кодирование, пороговое декодирование и декодирование по Витерби"		
	Итого	4	
Итого за семестр		8	

### 8. Контроль самостоятельной работы

Виды контроля самостоятельной работы приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Виды контроля самостоятельной работы

№	Вид контроля самостоятельной работы	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции
6 семестр			
1	Контрольная работа	2	ПК-6
Итого		2	

### 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 Модуляция. Спектральный состав	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	8	ПК-6	Зачет, Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Подготовка к лабораторным работам	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	16		
2 Формирующий и согласованный фильтры. Их роль. Частотная манипуляция с непрерывной фазой.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	7	ПК-6	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	9		
3 Экономные (сжимающие) коды	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	7	ПК-6	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	9		

4 Пропускная способность каналов связи.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	7	ПК-6	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	9		
5 Частотная и энергетическая эффективность систем радиосвязи.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	7	ПК-6	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	9		
6 Принципы синхронизации в системах связи	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	7	ПК-6	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	9		
7 Принципы расширения спектра сигналов в системах связи	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	7	ПК-6	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	9		
8 Принципы модуляции OFDM	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6	ПК-6	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	8		
9 Линейные блочные коды	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6	ПК-6	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	8		
10 Циклические коды	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6	ПК-6	Зачет, Контрольная работа, Тест

	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	8		
11 Коды Рида-Соломона	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6	ПК-6	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	8		
12 Сверточные коды	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	8	ПК-6	Зачет, Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Подготовка к лабораторным работам	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	16		
	Выполнение контрольной работы	2	ПК-6	Контрольная работа
Итого за семестр		118		
	Подготовка и сдача зачета	4		Зачет
Итого		122		

**10. Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа)**  
Не предусмотрено РУП.

**11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся**  
Рейтинговая система не используется.

## **12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **12.1. Основная литература**

1. Галкин, В.А. Цифровая мобильная радиосвязь [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Галкин. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2012. — 592 с. Доступ из личного кабинета студента — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5143> (дата обращения: 18.09.2018).

### **12.2. Дополнительная литература**

1. Новиков, А. В. Демодуляция цифровых сигналов. Статистический и сигнальный подходы [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Новиков А. В. — Томск: ТУСУР, 2018. — 51 с. Доступ из личного кабинета студента. — Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 18.09.2018).

2. Рихтер С.Г. Кодирование и передача речи в цифровых системах подвижной радиосвязи [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.Г. Рихтер. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2011. — 304 с. Доступ из личного кабинета студента — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/76502> (дата обращения: 18.09.2018).

3. Акулиничев Ю. П., Теория электрической связи [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Акулиничев Ю. П., Бернгардт А. . — Томск: ТУСУР, 2015. — 196 с. Доступ из личного кабинета студента. — Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 18.09.2018).

### **12.3. Учебно-методические пособия**

#### **12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Акулиничев, Ю. П. Теория электрической связи [Электронный ресурс]: Учебно - методическое пособие для проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов / Ю. П. Акулиничев. — Томск: ТУСУР, 2012. — 202 с. Доступ из личного кабинета студента — Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 18.09.2018).

2. Новиков А. В. Сборник компьютерных лабораторных работ по системам связи [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторным работам / Новиков А. В. — Томск: ТУСУР, 2018. Доступ из личного кабинета студента — Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 18.09.2018).

3. Пушкарев В.П. Цифровая связь: электронный курс / В.П. Пушкарев – Томск ТУСУР, ФДО, 2018. Доступ из личного кабинета студента

4. Пушкарев В.П. Цифровая связь [Электронный ресурс]: методические указания по организации самостоятельной работы для студентов заочной формы обучения направления подготовки 11.03.01 Радиотехника, обучающихся с применением дистанционных образовательных технологий / В.П. Пушкарев, В.В. Кручинин. – Томск : ФДО, ТУСУР, 2018. Доступ из личного кабинета студента — Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 18.09.2018).

#### **12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

##### **Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

##### **Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

##### **Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### **12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. При изучении дисциплины рекомендуется использовать базы данных, информационно-справочные и поисковые системы <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh> (в свободном доступе).

## **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение**

### **13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины**

#### **13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

Кабинет для самостоятельной работы студентов  
учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы  
634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Коммутатор MicroTeak;

- Компьютер PENTIUM D 945 (3 шт.);
- Компьютер GELERON D 331 (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-zip (с возможностью удаленного доступа)
- Google Chrome
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows (с возможностью удаленного доступа)
- Microsoft Windows
- OpenOffice (с возможностью удаленного доступа)

### **13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Кабинет для самостоятельной работы студентов

учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Коммутатор MicroTeak;
- Компьютер PENTIUM D 945 (3 шт.);
- Компьютер GELERON D 331 (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-zip (с возможностью удаленного доступа)
- Google Chrome
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows (с возможностью удаленного доступа)
- MathCAD (с возможностью удаленного доступа)
- Microsoft Windows
- OpenOffice (с возможностью удаленного доступа)
- Scilab (с возможностью удаленного доступа)

### **13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

## **13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## **14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

### **14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации**

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### **14.1.1. Тестовые задания**

1. Согласованный фильтр обеспечивает:

- а) Минимально короткий по времени отклик на своем выходе
- б) Максимальное отношение сигнал-шум на своем выходе в определенный момент времени при условии, что шум — белый
- в) Снятие закона модуляции (демодуляцию)
- г) Максимум шенноновской информации на своем выходе

2. Формирующий фильтр обеспечивает:

- а) Формирование квадратурных сигналов с заданной формой спектральной плотности
- б) Формирование узкополосного сигнала на некоторой несущей частоте
- в) Формирование ортогональных по времени квадратурных сигналов
- г) Формирование тактовых импульсов для символьной синхронизации

3. Согласованный фильтр является:

- а) Линейным фильтром с постоянными параметрами
- б) Нелинейным фильтром с постоянными параметрами
- в) Линейным фильтром с переменными параметрами
- г) Нелинейным фильтром с переменными параметрами

4. Формирующий фильтр является:

- а) Линейным фильтром с постоянными параметрами
- б) Нелинейным фильтром с постоянными параметрами
- в) Линейным фильтром с переменными параметрами
- г) Нелинейным фильтром с переменными параметрами

5. Параметр Roll-off factor формирующего фильтра типа "приподнятый" косинус позволяет:

- а) Изменить уровень межсимвольной интерференции на своем выходе
- б) Изменить ширину спектра формируемого сигнала
- в) Изменить скорость спада мощности вне основной полосы формируемого сигнала

г) Изменить амплитуду формируемого сигнала

6. Межсимвольная интерференция — это:

- а) Когда время прихода импульса является случайной величиной с ненулевой дисперсией
- б) Когда импульс влияет на соседние импульсы, накладываясь на них своими "хвостами"
- в) Когда длительность импульса является случайной величиной с ненулевой дисперсией
- г) Процесс формирования группового сигнала в системах с кодовым разделением каналов

7. Межсимвольная интерференция является:

- а) Вредной
- б) Полезной
- в) Зависит от способа формирования сигнала
- г) Нейтральной

8. Согласованный фильтр, бывает, заменяют:

- а) Фильтром нижних частот
- б) Коррелятором
- в) Коррелятором с фильтром нижних частот
- г) Фильтром верхних частот

9. Коррелятор — это устройство, которое вычисляет:

- а) Интеграл по времени от входного сигнала
- б) Произведение опорного сигнала и входного
- в) Интеграл по времени от произведения опорного сигнала и входного
- г) Свертку опорного сигнала с входным

10. Когерентный прием обязательно включает в себя:

- а) Амплитудный детектор
- б) Схему выделения сигнала "пилот-тон"
- в) Контур фазовой автоподстройки частоты
- г) Процесс формирования опорного колебания с точностью до фазы для последующего снятия закона модуляции

11. Некогерентный прием обязательно включает в себя:

- а) Процесс формирования опорного колебания с точностью до частоты для последующего снятия закона модуляции
- б) Схему выделения сигнала "пилот-тон"
- в) Контур фазовой автоподстройки частоты
- г) Частотный детектор

12. Петля Костаса предназначена для:

- а) Автоматической подстройки частоты формируемого опорного колебания
- б) Снятия дифференциального кодирования символов
- в) Автоматической подстройки частоты формируемого опорного колебания с точностью до фазы
- г) Удвоения частоты формируемого колебания

13. Модуляция QPSK позволяет передать:

- а) 1.5 бита на символ
- б) 4 бита на символ
- в) 1 бит на символ
- г) 2 бита на символ

14. Модуляция GMSK позволяет передать:

- а) 1.5 бита на символ
- б) 4 бита на символ
- в) 1 бит на символ
- г) 2 бита на символ

15. Модуляция QAM-16 позволяет передать:

- а) 1.5 бита на символ
- б) 4 бита на символ
- в) 1 бит на символ
- г) 2 бита на символ

16. Более требовательна к отношению сигнал-шум модуляция:

- а) GMSK
- б) QPSK
- в) QAM-16
- г) BPSK

17. Более требовательна к линейности выходного усилителя мощности модуляция:

- а) QAM-16
- б) OQPSK
- в) GMSK
- г) QPSK- $\pi/4$

18. Усилители мощности по степени линейности делятся на классы:

- а) А,В,С
- б) А,В,С; D,Е,F
- в) I, II, III
- г) 0, 1, 2

19. Мощность теплового шума на входе малошумящего усилителя приемника прямо пропорциональна:

- а) Коэффициенту шума малошумящего усилителя
- б) Полосе частот принимаемого радиосигнала
- в) Несущей частоте принимаемого радиосигнала
- г) Существует сама по себе и ни от чего не зависит

20. Коэффициент шума малошумящего усилителя это:

- а) Отношение сигнал-шум на входе усилителя, деленное на отношение сигнал-шум на его выходе
- б) Уровень собственного шума усилителя, в dBm
- в) Величина  $kT$ , где  $T$  — температура окружающей среды,  $k$  — постоянная Больцмана
- г) Разница коэффициентов усиления усилителя (в dB), измеренных для двух опорных температур

#### 14.1.2. Темы контрольных работ

Цифровая связь.

Текстовая контрольная работа "Битовая вероятность ошибки при передаче цифрового сигнала".

Источник информации создает цифровой поток  $V$  мегабит в секунду. На вход радиолинии с выхода передатчика подается последовательность двоичных радиоимпульсов, модулированных по закону  $M$  ( $M=1$  для АМ,  $M=2$  для ЧМ с ортогональными сигналами,  $M=3$  для ФМ). Средняя мощность передаваемых сигналов обоих видов (0 и 1) равна  $W$ . Задана величина ослабления в линии  $F$ . На входе приемника присутствует аддитивный белый гауссовский шум со спектральной плотностью  $N_0$ . Определить битовую вероятность ошибки на выходе идеальной когерентной



системы связи без использования корректирующего кода (Рош1) и при использовании (n,k)-кода Хэмминга (Рош2).

Варианты представлены в таблице:

N	M	F, дБ	n	k	B, Мбит/с	W, Вт	N <sub>0</sub> , пВт/Гц
0	1	57	63	57	0.9	0.9	0.2
1	2	61	127	120	0.4	0.7	0.1
2	1	66	63	57	0.1	0.6	0.3
3	1	66	1023	1013	0.2	0.4	0.1
4	2	53	511	502	0.3	0.5	0.8
5	1	45	511	502	0.3	0.1	0.9
6	2	53	511	502	0.4	0.6	0.8
7	1	52	1023	1013	0.9	0.9	0.9
8	3	49	1023	1013	0.6	0.3	0.4
9	3	67	15	11	0.5	0.4	0.1
10	2	59	63	57	0.5	0.6	0.6
11	2	55	7	4	0.5	0.9	0.9
12	3	45	63	57	0.7	0.3	0.9
13	1	65	15	11	0.3	0.8	0.1
14	2	59	15	11	0.7	0.9	0.1
15	2	72	511	502	0.2	0.9	0.1
16	3	54	255	247	0.4	0.3	0.4
17	3	55	511	502	0.9	0.5	0.1
18	3	54	511	502	0.9	0.1	0.3
19	2	58	63	57	0.9	0.7	0.4
20	2	61	7	4	0.3	0.7	0.3

#### 14.1.3. Зачёт

1. Коды Голда примечательны:

- а) Идеальной автокорреляционной функцией
- б) Трёхзначной функцией взаимной корреляции
- в) Своей ортогональностью
- г) Тем, что их изобрел мистер Голд

2. M-последовательности примечательны:

- а) Максимальным периодом
- б) Хорошими взаимно корреляционными свойствами
- в) Своей ортогональностью
- г) Равенством количества нулей и единиц

3. Коды Уолша примечательны:

- а) Идеальной автокорреляционной функцией
- б) Наличием последовательности типа "меандр"
- в) Своей абсолютной независимостью
- г) Своей ортогональностью

4. Для систем радиосвязи с расширенным спектром характерна:

- а) Лучшая защита от непреднамеренных помех и многолучевого распространения сигнала
- б) Более высокая битовая скорость передачи информации
- в) Большая плотность мощности излучаемого сигнала

г) Заметность в радиозфире

5. Системы с кодовым разделением каналов:

- а) Вытеснили другие технологии разделения каналов ввиду своей исключительности
- б) Применяются одновременно с другими технологиями разделения каналов
- в) Практически не применяются ввиду своей сложности
- г) Отдали "козырную масть" технологии OFDM

6. Коэффициент расширения спектра в современных (4G) системах радиосвязи варьируется в пределах:

- а) (4-512)
- б) (256-1024)
- в) (4-64)
- г) (32-128)

7. Коэффициент расширения спектра равен 256. Отношение сигнал-шум после сжатия (по времени) сигнала с расширенным спектром увеличится на:

- а) 110 dB
- б) 48 dB
- в) 24 dB
- г) 55 dB

8. Помехоустойчивое кодирование основано на:

- а) Дублировании символов
- б) Введении избыточности по определенным правилам
- в) Скремблировании сообщений псевдослучайными кодами
- г) Введении избыточности по случайным правилам

9. Кодирование источника основано на:

- а) Скремблировании сообщений псевдослучайными кодами
- б) Методах шифрования
- в) Существовании избыточности, мера которой может быть выражена шенноновской энтропией
- г) Неравновероятности символов сообщения

10. Линейные блочные коды примечательны тем, что полностью определяются:

- а) Набором порождающих полиномов
- б) Порождающим полиномом
- в) Порождающей матрицей
- г) Кодовой таблицей

11. Энтропия некоторого источника информации определяется как:

- а) Среднее значение собственной информации
- б) Максимальное значение собственной информации
- в) Минимальное значение собственной информации
- г) Медианное значение собственной информации

12. Помехоустойчивые коды бывают:

- а) Блочными и потоковыми
- б) Регулярными и нерегулярными
- в) Однородными и неоднородными
- г) Статическими и динамическими

13. Информация по К. Шеннону выражается как:

- а) Логарифм обратной вероятности
- б) Величина обратной вероятности
- в) Логарифм вероятности
- г) Логарифм модуля вероятности

14. Сверточные коды примечательны тем, что полностью определяются:

- а) Набором порождающих полиномов
- б) Кодовой таблицей
- в) Порождающей матрицей
- г) Порождающим полиномом

15. Строки порождающей матрицы линейного блочного кода должны быть:

- а) Ненулевыми
- б) Разными
- в) Линейно-независимыми
- г) Линейно-зависимыми

16. Число строк проверочной матрицы линейного блочного кода определяется:

- а) Количеством проверочных символов
- б) Количеством информационных символов
- в) Зависит от дополнительных условий
- г) Кодовым расстоянием кода

17. Свойство префикса некоторого кода (например, кодов Хаффмана или Шеннона-Фано) заключается в том, что:

- а) Ни одна приставка некоторого кодового слова не является кодовым словом
- б) Все приставки являются кодовыми словами
- в) Кодовые слова имеют одинаковую длину
- г) Кодовые слова имеют разную длину

18. Код Лемпеля-Зива (Lempel-Ziv) является:

- а) Словарным кодом
- б) Древовидным кодом подобно коду Хаффмана
- в) Кодом с хеш-таблицей (hash table)
- г) Кодом с линейным предсказанием

19. Коды Рида-Соломона примечательны тем, что они:

- а) Дают максимально возможное кодовое расстояние и являются недвоичными
- б) Являются недвоичными
- в) Имеют порождающий полином, который не раскладывается на множители
- г) Имеют кодовое расстояние, равное количеству проверочных символов

20. Столбцы проверочной матрицы линейного блочного кода фактически являются:

- а) Запрещенными кодовыми словами
- б) Разрешенными кодовыми словами
- в) Синдромами для однократных ошибок
- г) Векторами однократных ошибок

#### **14.1.4. Темы лабораторных работ**

Лабораторная работа "Изучение спектров сигналов с линейной модуляцией"

Лабораторная работа "Изучение сверточных кодов со скоростью кодирования 1/2: кодирование, пороговое декодирование и декодирование по Витерби"

#### **14.1.5. Методические рекомендации**

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль

в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала необходимо осуществлять медленно, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

- если в тексте встречаются термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

- необходимо осмысливать прочитанное и изученное, отвечать на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия в форме вебинаров. Расписание вебинаров публикуется в кабинете студента на сайте Университета. Запись вебинара публикуется в электронном курсе по дисциплине.

#### **14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

#### **14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;

- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.