**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«22» _____02_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ОБЩАЯ ТЕОРИЯ РАДИОСВЯЗИ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль) / специализация: **Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**
Кафедра: **Кафедра радиоэлектроники и систем связи (РСС)**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 6 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 28 | 28 | часов |
| Практические занятия | 14 | 14 | часов |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 | часов |
| Самостоятельная работа | 50 | 50 | часов |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 144 | 144 | часов |
| | 4 | 4 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|---|---|
| Экзамен | 6 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 22.02.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 71486

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Формирование представлений об особенностях современных и перспективных систем радиосвязи.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение методов модуляции и кодирования, используемых в современных системах радиосвязи, а также способов формирования и обработки сигналов в системах радиосвязи.
2. Приобретение навыков компьютерного моделирования систем радиосвязи.
3. Овладение навыками чтения справочной документации, в том числе на английском языке.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.11.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Профессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 71486

| | | |
|---|---|---|
| ПК-3. Способен исследовать и эксплуатировать радиоэлектронные средства и технологии, обеспечивающие передачу, обработку и прием информации по сетям связи различного назначения | ПК-3.1. Знает принципы исследования и эксплуатации радиоэлектронных средств и технологий, обеспечивающих передачу, обработку и прием информации по сетям связи различного назначения | Знать принципы исследования и эксплуатации радиоэлектронных средств и технологий, обеспечивающих передачу, обработку и прием информации по сетям связи различного назначения |
| | ПК-3.2. Умеет исследовать и эксплуатировать радиоэлектронные средства и технологии, обеспечивающие передачу, обработку и прием информации по сетям связи различного назначения | Уметь исследовать и эксплуатировать радиоэлектронные средства и технологии, обеспечивающие передачу, обработку и прием информации по сетям связи различного назначения |
| | ПК-3.3. Владеет методами исследования и способами эксплуатации радиоэлектронных средств и технологий, обеспечивающих передачу, обработку и прием информации по сетям связи различного назначения | Владеть методами исследования и способами эксплуатации радиоэлектронных средств и технологий, обеспечивающих передачу, обработку и прием информации по сетям связи различного назначения |

## 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 6 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 58 | 58 |
| Лекционные занятия | 28 | 28 |
| Практические занятия | 14 | 14 |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 50 | 50 |
| Подготовка к тестированию | 40 | 40 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 5 | 5 |
| Написание отчета по лабораторной работе | 5 | 5 |
| **Подготовка и сдача экзамена** | 36 | 36 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 144 | 144 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 4 | 4 |

## 5. Структура и содержание дисциплины

Согласована на портале № 71486

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | | | | |
| 1 Модуляция. Спектральный состав. | 2 | 2 | 4 | 3 | 11 | ПК-3 |
| 2 Формирующий и согласованный фильтры. Их роль. | 2 | 2 | - | 1 | 5 | ПК-3 |
| 3 Частотная манипуляция с непрерывной фазой. | - | - | - | 1 | 1 | ПК-3 |
| 4 Экономные (сжимающие) коды. | 2 | 2 | - | 3 | 7 | ПК-3 |
| 5 Пропускная способность каналов связи. | 2 | 1 | - | 3 | 6 | ПК-3 |
| 6 Частотная и энергетическая эффективность систем радиосвязи. | 2 | 1 | - | 3 | 6 | ПК-3 |
| 7 Коды Хаффмана и Шеннона-Фано. | 2 | - | - | 4 | 6 | ПК-3 |
| 8 Коды Лемпеля-Зива и Лемпеля-Зива-Уэлча. | 2 | - | - | 3 | 5 | ПК-3 |
| 9 Кодирование речи в системах радиосвязи. | 2 | - | 4 | 3 | 9 | ПК-3 |
| 10 Принципы синхронизации в системах радиосвязи. | - | - | - | 1 | 1 | ПК-3 |
| 11 Принципы расширения спектра в системах радиосвязи. | 2 | 1 | - | 2 | 5 | ПК-3 |
| 12 Автоматическая регулировка усиления в системах радиосвязи. | - | - | - | 1 | 1 | ПК-3 |
| 13 Принципы модуляции OFDM. | - | - | - | 1 | 1 | ПК-3 |
| 14 Принципы MIMO. | 2 | - | - | 2 | 4 | ПК-3 |
| 15 Линейные блочные коды. | 2 | 2 | - | 5 | 9 | ПК-3 |
| 16 Циклические коды | 2 | 2 | 4 | 3 | 11 | ПК-3 |
| 17 Коды Рида-Соломона | 2 | 1 | 2 | 3 | 8 | ПК-3 |
| 18 Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема. | - | - | - | 3 | 3 | ПК-3 |
| 19 Низкоплотностные (LDPC) коды. | - | - | - | 1 | 1 | ПК-3 |
| 20 Сверточные коды. | 2 | - | 2 | 3 | 7 | ПК-3 |
| 21 Сигнально-кодовые конструкции. | - | - | - | 1 | 1 | ПК-3 |
| Итого за семестр | 28 | 14 | 16 | 50 | 108 | |
| Итого | 28 | 14 | 16 | 50 | 108 | |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | |

Согласована на портале № 71486

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Модуляция. Спектральный состав. | Роль модуляции в системах передачи информации. Различие 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. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Формирующий и согласованный фильтры. Их роль. | 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 связи. Согласованный фильтр как фильтр, доставляющий максимум отношению сигнал-шум при наличии аддитивного белого шума. Необходимость согласования амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) формирующего фильтра с АЧХ согласованного. Фильтр "корень" из "приподнятого" косинуса. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Частотная манипуляция с непрерывной фазой. | Оформление отчетов по лабораторным работам. | 0 | ПК-3 |
| | Итого | - | |

Согласована на портале № 71486

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Экономные (сжимающие) коды. | Собственная информация. Энтропия источника. Избыточность. Взаимная информация. Принципы векторного квантования источника. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Пропускная способность каналов связи. | Скорость передачи информации. Пропускная способность. Пропускная способность двоичного симметричного канала связи. Пропускная способность канала со стираниями. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 6 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. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Коды Хаффмана и Шеннона-Фано. | Построение кодового дерева кода Хаффмана по вероятностям символов. Построение кодовой таблицы кода Шеннона-Фано по вероятностям символов. Префиксное свойство кодов. Расчет средней длины кодового слова полученного кода. Расчет избыточности до и после кодирования. Принципы многобуквенного кодирования. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 8 Коды Лемпеля-Зива и Лемпеля-Зива-Уэлча. | Составление таблицы-словаря кода Лемпеля-Зива. Достоинства и недостатки кода Лемпеля-Зива. Составление таблицы-словаря кода Лемпеля-Зива-Уэлча. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 71486

| | | | |
|---|---|---|---|
| 9 Кодирование речи в системах радиосвязи. | Исследование системы связи с дельта-модуляцией, состоящей из генератора сигналов, модулятора, линии передачи, демодулятора и осциллографа-вольтметра. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 10 Принципы синхронизации в системах радиосвязи. | Проработка лекционного материала. | 0 | ПК-3 |
| | Итого | - | |
| 11 Принципы расширения спектра в системах радиосвязи. | Достоинства сигналов с расширенным спектром. Псевдослучайные последовательности (М-последовательности). Коды Голда. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 12 Автоматическая регулировка усиления в системах радиосвязи. | Проработка лекционного материала. | 0 | ПК-3 |
| | Итого | - | |
| 13 Принципы модуляции OFDM. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам, проработка лекционного материала. | 0 | ПК-3 |
| | Итого | - | |
| 14 Принципы MIMO. | Классификация MIMO: SISO (классический вариант), SIMO (разнесенный прием), MISO (разнесенная передача), SU-MIMO (однопользовательское пространственное уплотнение), MU-MIMO (многопользовательское пространственное уплотнение).Структурные схемы MIMO согласно классификации. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 71486

| | | | |
|---|---|---|---|
| 15 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 | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 16 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. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 71486

| | | | |
|---|---|---|---|
| 17 Коды Рида-Соломона | Элементы поля Галуа GF(p^q), где p - простое число (2, 3, 5, 7, 11...) как q-мерные вектора из p-значных символов. Операции умножения и сложения. Порождающий полином кодов Рида-Соломона.- Граница Синглтона. Проверочный полином кодов Рида-Соломона. Способ кодирования через дискретное преобразование Фурье (ДПФ).Способ обращения матрицы ДПФ. Декодирование кода Рида-Соломона с исправлением ошибок. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 18 Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема. | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 0 | ПК-3 |
| | Итого | - | |
| 19 Низкоплотностные (LDPC) коды. | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса, проработка лекционного материала. | 0 | ПК-3 |
| | Итого | - | |
| 20 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. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 21 Сигнально-кодовые конструкции. | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 0 | ПК-3 |
| | Итого | - | |
| | Итого за семестр | 28 | |
| | Итого | 28 | |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | |

Согласована на портале № 71486

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Модуляция. Спектральный состав. | Расчет спектральной плотности импульсов треугольной формы на основе известной спектральной плотности импульсов прямоугольной формы. Расчет корреляционных функций для некоторых видов модуляции: с линейным преобразованием битов (сумма и разность), с чередованием полярности (AMI, ЧПИ), с циклическим преобразованием (MLT-3).Расчет спектральных плотностей по корреляционным функциям. Построение соответствующих графиков, их анализ. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Формирующий и согласованный фильтры. Их роль. | Вычисление предельных значений частотной характеристики (ЧХ) фильтра "приподнятого" косинуса для особенных частот. Построение "от руки" графиков амплитудной ЧХ и импульсной характеристики (ИХ) фильтра. Расчет на компьютере с помощью дискретного преобразования Фурье амплитудной ЧХ фильтра по дискретной и финитной ИХ фильтра. Построение "от руки" отклика формирующего фильтра (до цифро-аналогового преобразователя) на заданную битовую последовательность. Расчет предельных значений частотной характеристики (ЧХ) фильтра типа "корень" из "приподнятого" косинуса для особенных частот с помощью программы компьютерной алгебры SymPy.Построение "от руки" графиков амплитудной ЧХ и импульсной характеристики (ИХ) фильтра. Расчет на компьютере с помощью дискретного преобразования Фурье амплитудной ЧХ фильтра по дискретной и финитной ИХ фильтра. Построение "от руки" отклика согласованного фильтра (в цифровом виде) на заданный входной сигнал. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Экономные (сжимающие) коды. | Определение собственной информации. Определение энтропии источника. Определение избыточности источника. Определение взаимной информации. Изучение принципов векторного квантования источника. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 71486

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5 Пропускная способность каналов связи. | Вычисление пропускной способности различных каналов связи. | 1 | ПК-3 |
| | Итого | 1 | |
| 6 Частотная и энергетическая эффективность систем радиосвязи. | Построение с помощью компьютера графиков зависимости предельной энергетической эффективности кода (дБ) от скорости кодирования (от 0 до 1) для двоичной модуляции (жесткие решения и мягкие решения) и при отсутствии модуляции как таковой.Иллюстрация с помощью компьютера предельного энергетического выигрыша от кодирования. | 1 | ПК-3 |
| | Итого | 1 | |
| 11 Принципы расширения спектра в системах радиосвязи. | Генерация псевдослучайных последовательностей (М-последовательностей) с помощью цифровых фильтров.Свойства М-последовательностей.Коды Голда. | 1 | ПК-3 |
| | Итого | 1 | |
| 15 Линейные блочные коды. | Составление кодовой таблицы.Определение кодового расстояния по кодовой таблице.Определение кратности гарантированного обнаружения, исправления и восстановления стертых символов.Приведение порождающей матрицы к систематической форме.Связь порождающей матрицы с проверочной.Синдром. Декодирование с исправлением однократных ошибок.Разложение векторного пространства на смежные классы. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 71486

| | | | |
|---|---|---|---|
| 16 Циклические коды | Определение порождающей матрицы по порождающему полиному.Определение проверочного полинома по порождающему.Кодирование систематическим кодом.Проверка фундаментального свойства циклического кода.Нахождение частного и остатка от деления двух полиномов: алгебраически и с помощью цифрового фильтра.Корректор: декодирование с исправлением однократных ошибок. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 17 Коды Рида-Соломона | а Операции с элементами над полем Галуа GF(p^q).Определение порождающего полинома кода Рида-Соломона.Определение проверочного полинома кода Рида-Соломона.Приведение порождающих и проверочных матриц, записанных в циклической форме, к систематической форме.Кодирование кодом Рида-Соломона через матрицу дискретного преобразования Фурье (ДПФ).Вычисление обратной матрицы ДПФ.Декодирование кода Рида-Соломона с исправлением однократной и двукратной ошибки. | 1 | ПК-3 |
| | Итого | 1 | |
| Итого за семестр | | 14 | |
| Итого | | 14 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | |
| 1 Модуляция. Спектральный состав. | Изучение спектров сигналов с линейной модуляцией. Показывается влияние формы импульсаносителя и функции корреляции битовой последовательности на спектр формируемого сигнала | 2 | ПК-3 |
| | Некогерентная демодуляция бинарного частотного манипулированного сигнала | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 71486

| | | | |
|---|---|---|---|
| 9 Кодирование речи в системах радиосвязи. | Исследование системы связи с дельта-модуляцией,<br>состоящей из генератора сигналов, модулятора,<br>линии передачи, демодулятора и осциллографавольтметра. | 4 | ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 16 Циклические коды | Изучение циклических кодов (7, 4). Систематическое кодирование и декодирование с исправлением однократных ошибок. Моделирование двоичного<br>симметричного канала с независимыми ошибками.<br>Оценка вероятности ошибки после декодирования. | 2 | ПК-3 |
| | Изучение схемы систематического кодера циклического кода (15, 11) на основе рекурсивного цифрового фильтра.<br>Изучение принципов деления<br>двух полиномов с помощью таких фильтров. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 17 Коды Рида-Соломона | Исследование кода Рида-Соломона над полем<br>GF(p), где p - простое число. Изучается вариант<br>кодирования s(x) = a(x)*g(x), а также декодирование с исправлением ошибок по синдрому - остатку<br>от деления. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 20 Сверточные коды. | Изучение сверточных кодов со скоростью кодирования 1/2: кодирование, пороговое декодирование<br>и декодирование по Витерби. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 16 | |
| Итого | | 16 | |

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | | |

Согласована на портале № 71486

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 Модуляция. Спектральный состав. | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 1 | ПК-3 | Лабораторная работа |
| | Написание отчета по лабораторной работе | 1 | ПК-3 | Отчет по лабораторной работе |
| | Итого | 3 | | |
| 2 Формирующий и согласованный фильтры. Их роль. | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 1 | | |
| 3 Частотная манипуляция с непрерывной фазой. | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 1 | | |
| 4 Экономные (сжимающие) коды. | Подготовка к тестированию | 3 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 3 | | |
| 5 Пропускная способность каналов связи. | Подготовка к тестированию | 3 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 3 | | |
| 6 Частотная и энергетическая эффективность систем радиосвязи. | Подготовка к тестированию | 3 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 3 | | |
| 7 Коды Хаффмана и Шеннона-Фано. | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 8 Коды Лемпеля-Зива и Лемпеля-Зива-Уэлча. | Подготовка к тестированию | 3 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 3 | | |
| 9 Кодирование речи в системах радиосвязи. | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 1 | ПК-3 | Лабораторная работа |
| | Написание отчета по лабораторной работе | 1 | ПК-3 | Отчет по лабораторной работе |
| | Итого | 3 | | |
| 10 Принципы синхронизации в системах радиосвязи. | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 1 | | |
| 11 Принципы расширения спектра в системах радиосвязи. | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |

Согласована на портале № 71486

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 12 Автоматическая регулировка усиления в системах радиосвязи. | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 1 | | |
| 13 Принципы модуляции OFDM. | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 1 | | |
| 14 Принципы MIMO. | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |
| 15 Линейные блочные коды. | Подготовка к тестированию | 5 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 5 | | |
| 16 Циклические коды | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 1 | ПК-3 | Лабораторная работа |
| | Написание отчета по лабораторной работе | 1 | ПК-3 | Отчет по лабораторной работе |
| | Итого | 3 | | |
| 17 Коды Рида-Соломона | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 1 | ПК-3 | Лабораторная работа |
| | Написание отчета по лабораторной работе | 1 | ПК-3 | Отчет по лабораторной работе |
| | Итого | 3 | | |
| 18 Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема. | Подготовка к тестированию | 3 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 3 | | |
| 19 Низкоплотностные (LDPC) коды. | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 1 | | |
| 20 Сверточные коды. | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 1 | ПК-3 | Лабораторная работа |
| | Написание отчета по лабораторной работе | 1 | ПК-3 | Отчет по лабораторной работе |
| | Итого | 3 | | |

Согласована на портале № 71486

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 21 Сигнально-кодовые конструкции. | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 1 | | |
| Итого за семестр | | 50 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 86 | | |

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. зан. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ПК-3 | + | + | + | + | Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование, Экзамен |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля | 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** | | | | |
| Лабораторная работа | 0 | 0 | 10 | 10 |
| Тестирование | 0 | 0 | 40 | 40 |
| Отчет по лабораторной работе | 0 | 0 | 20 | 20 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Итого максимум за период | | | 70 | 100 |
| Нарастающим итогом | | | 70 | 100 |

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

| Баллы на дату текущего контроля | Оценка |
|---|---|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 3 |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 2 |

### 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице

Согласована на портале № 71486

6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 – 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 – 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 – 84 | C (хорошо) |
| | 70 – 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 – 69 | |
| | 60 – 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Галкин, Вячеслав Александрович. Цифровая мобильная радиосвязь [Текст] : учебное пособие для вузов / В. А. Галкин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Горячая линия - Телеком, 2012. - 592 с. : ил. - (Учебное пособие. Специальность для высших учебных заведений). - Библиогр.: с. 580-581. - Предм. указ.: с. 582-585. - ISBN 978-5-9912-0185-8 : 774.40 р. (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.).

2. Волков, Лев Николаевич. 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.).

3. Теория радиосвязи: Учебное пособие / Ю. П. Акулиничев, А. С. Бернгардт - 2015. 197 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5856.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Теория электрической связи: Учебное пособие / Ю. П. Акулиничев, А. С. Бернгардт - 2015. 196 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5858.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Сборник компьютерных лабораторных работ по системам связи: Методические указания к лабораторным работам / А. В. Новиков - 2018. 151 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7149.

2. Демодуляция цифровых сигналов. Статистический и сигнальный подходы: Учебное пособие / А. В. Новиков - 2018. 51 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7150.

3. Теория электрической связи: Учебно - методическое пособие для проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов / Ю. П. Акулиничев - 2012. 202 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1758.

#### 7.3.2. 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;

Согласована на портале № 71486

– в печатной форме.

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

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

### 7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

## 8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

### 8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### 8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория информационных технологий: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ); 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 423 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная BRAUBERG;
- LMC-100103 Экран с электроприводом Master Control Matte 203*203 см White FiberGlass, черная кайма по периметру;
- Проектор NEC «M361X»;
- Системный блок (16 шт.);
- Мониторы (16 шт.);
- Компьютер;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- LibreOffice;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Scilab;

### 8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория информационных технологий: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ); 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 423 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная BRAUBERG;
- LMC-100103 Экран с электроприводом Master Control Matte 203*203 см White FiberGlass, черная кайма по периметру;
- Проектор NEC «M361X»;
- Системный блок (16 шт.);
- Мониторы (16 шт.);

Согласована на портале № 71486

- Компьютер;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- LibreOffice;
- OpenOffice;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Scilab;

### 8.4. 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, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 8.5. 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 зрения** 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.

## 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Согласована на портале № 71486

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|---|---|---|
| 1 Модуляция. Спектральный состав. | ПК-3 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ |
| 2 Формирующий и согласованный фильтры. Их роль. | ПК-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 3 Частотная манипуляция с непрерывной фазой. | ПК-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 4 Экономные (сжимающие) коды. | ПК-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 5 Пропускная способность каналов связи. | ПК-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 6 Частотная и энергетическая эффективность систем радиосвязи. | ПК-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 7 Коды Хаффмана и Шеннона-Фано. | ПК-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 8 Коды Лемпеля-Зива и Лемпеля-Зива-Уэлча. | ПК-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 9 Кодирование речи в системах радиосвязи. | ПК-3 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ |

Согласована на портале № 71486

| | | | |
|---|---|---|---|
| 10 Принципы синхронизации в системах радиосвязи. | ПК-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 11 Принципы расширения спектра в системах радиосвязи. | ПК-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 12 Автоматическая регулировка усиления в системах радиосвязи. | ПК-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 13 Принципы модуляции OFDM. | ПК-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 14 Принципы MIMO. | ПК-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 15 Линейные блочные коды. | ПК-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 16 Циклические коды | ПК-3 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ |
| 17 Коды Рида-Соломона | ПК-3 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ |
| 18 Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема. | ПК-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Согласована на портале № 71486

| | | | |
|---|---|---|---|
| 19 Низкоплотностные (LDPC) коды. | ПК-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 20 Сверточные коды. | ПК-3 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ |
| 21 Сигнально-кодовые конструкции. | ПК-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка | Баллы за ОМ | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения | | |
|---|---|---|---|---|
| | | знать | уметь | владеть |
| 2 (неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов | отсутствие знаний или фрагментарные знания | отсутствие умений или частично освоенное умение | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков |
| 3 (удовлетворительно) | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков |
| 4 (хорошо) | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично) | ≥ 90% от максимальной суммы баллов | сформированные систематические знания | сформированное умение | успешное и систематическое применение навыков |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка | Формулировка требований к степени компетенции |
|---|---|

Согласована на портале № 71486

| | |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3 (удовлетворительно) | Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения. |
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Согласованный фильтр обеспечивает:
   1 Минимально короткий по времени отклик на своем выходе
   2 Максимальное отношение сигнал-шум на своем выходе в определенный момент времени, при условии, что шум — белый
   3Снятие закона модуляции (демодуляцию)
   4 Максимум шенноновской информации на своем выходе
2. Формирующий фильтр обеспечивает:
   1 Формирование квадратурных сигналов с заданной формой спектральной плотности
   2 Формирование узкополосного сигнала на некоторой несущей частоте
   3 Формирование ортогональных по времени квадратурных сигналов
   4 Формирование тактовых импульсов для символьной синхронизации
3. Согласованный фильтр является:
   1 Линейным фильтром с постоянными параметрами
   2 Нелинейным фильтром с постоянными параметрами
   3 Линейным фильтром с переменными параметрами
   4 Нелинейным фильтром с переменными параметрами
4. Формирующий фильтр является:
   1 Линейным фильтром с постоянными параметрами
   2 Нелинейным фильтром с постоянными параметрами
   3 Линейным фильтром с переменными параметрами
   4 Нелинейным фильтром с переменными параметрами
5. Параметр Roll-off factor формирующего фильтра типа "приподнятый" косинус позволяет:
   1 Изменить уровень межсимвольной интерференции на своем выходе
   2 Изменить ширину спектра формируемого сигнала
   3 Изменить скорость спада мощности вне основной полосы формируемого сигнала
   4 Изменить амплитуду формируемого сигнала
6. Межсимвольная интерференция — это:
   1 Когда время прихода импульса является случайной величиной с ненулевой дисперсией
   2 Когда импульс влияет на соседние импульсы, накладываясь на них своими "хвостами"
   3 Когда длительность импульса является случайной величиной с ненулевой дисперсией
   4 Процесс формирования группового сигнала в системах с кодовым разделением каналов

Согласована на портале № 71486

7. Межсимвольная интерференция является:
   1 Вредной
   2 Полезной
   3 Зависит от способа формирования сигнала
   4 Нейтральной
8. Согласованный фильтр, бывает, заменяют:
   1 Фильтром нижних частот
   2 Коррелятором
   3 Коррелятором с фильтром нижних частот
   - Фильтром верхних частот
9. Коррелятор — это устройство, которое вычисляет:
   1 Интеграл по времени от входного сигнала
   2 Произведение опорного сигнала и входного
   3 Интеграл по времени от произведения опорного сигнала и входного
   4 Свертку опорного сигнала с входным
10. Когерентный прием обязательно включает в себя:
   1 Амплитудный детектор
   2 Схему выделения сигнала "пилот-тон"
   3 Контур фазовой автоподстройки частоты
   4 Процесс формирования опорного колебания с точностью до фазы для последующего снятия закона модуляции
11. Некогеретный прием обязательно включает в себя:
   1 Процесс формирования опорного колебания с точностью до частоты для последующего снятия закона модуляции
   2 Схему выделения сигнала "пилот-тон"
   3 Контур фазовой автоподстройки частоты
   4 Частотный детектор
12. Петля Костаса предназначена для:
   1 Автоматической подстройки частоты формируемого опорного колебания
   2 Снятия дифференциального кодирования символов
   3 Автоматической подстройки частоты формируемого опорного колебания с точностью до фазы
   4 Удвоения частоты формируемого колебания
13. Модуляция QPSK позволяет передать:
   1 1.5 бита на символ
   2 4 бита на символ
   3 1 бит на символ
   4 2 бита на символ
14. Модуляция GMSK позволяет передать:
   1 1.5 бита на символ
   2 4 бита на символ
   3 1 бит на символ
   4 2 бита на символ
15. Модуляция QAM-16 позволяет передать:
   1 1.5 бита на символ
   2 4 бита на символ
   3 1 бит на символ
   4 2 бита на символ
16. Более требовательна к отношению сигнал-шум модуляция:
   1 GMSK
   2 QPSK
   3 QAM-16
   4 BPSK
17. Более требовательна к линейности выходного усилителя мощности модуляция:
   1 QAM-16
   2 OQPSK
   3 GMSK

Согласована на портале № 71486

4 QPSK-pi/4

18. Усилители мощности по степени линейности делятся на классы:
    1 A,B,C
    2 A,B,C; D,E,F
    3 I, II, III
    4 0, 1, 2
19. Мощность теплового шума на входе малошумящего усилителя приемника прямо пропорциональна:
    1 Коэффициенту шума малошумящего усилителя
    2 Полосе частот принимаемого радиосигнала
    3 Несущей частоте принимаемого радиосигнала
    4 Существует сама по себе и ни от чего не зависит
20. Коэффициент шума малошумящего усилителя это:
    1 Отношение сигнал-шум на входе усилителя, деленное на отношение сигнал-шум на его выходе
    2 Уровень собственного шума усилителя, в dBm
    3 Величина kT, где T — температура окружающей среды, k — постоянная Больцмана
    4 Разница коэффициентов усиления усилителя (в dB), измеренных для двух опорных температур
21. Коды Голда примечательны:
    1 Идеальной автокорреляционной функцией
    2 Трехзначной функцией взаимной корреляции
    3 Своей ортогональностью
    4 Тем, что их изобрел мистер Голд
22. М-последовательности примечательны:
    1 Максимальным периодом
    2 Хорошими взаимно корреляционными свойствами
    3 Своей ортогональностью
    4 Равенством количества нулей и единиц
23. Коды Уолша примечательны:
    1 Идеальной автокорреляционной функцией
    2 Наличием последовательности типа "меандр"
    3 Своей абсолютной независимостью
    4 Своей ортогональностью
24. Для систем радиосвязи с расширенным спектром характерна:
    1 Лучшая защита от непреднамеренных помех и многолучевого распространения сигнала
    2 Более высокая битовая скорость передачи информации
    3 Большая плотность мощности излучаемого сигнала
    4 Заметность в радиоэфире
25. Системы с кодовым разделением каналов:
    1 Вытеснили другие технологии разделения каналов ввиду своей исключительности
    2 Применяются одновременно с другими технологиями разделения каналов
    3 Практически не применяются ввиду своей сложности
    4 Отдали "козырную масть" технологии OFDM
26. Коэффициент расширения спектра в современных (4G) системах радиосвязи варьируется в пределах:
    1 (4-512)
    2 (256-1024)
    3 (4-64)
    4 (32-128)
27. Коэффициент расширения спектра равен 256. Отношение сигнал-шум после сжатия (по времени) сигнала с расширенным спектром увеличится на:
    1 110 dB
    2 48 dB
    3 24 dB
    4 55 dB
28. Помехоустойчивое кодирование основано на:

Согласована на портале № 71486

1 Дублировании символов
2 Введении избыточности по определенным правилам
3 Скремблировании сообщений псевдослучайными кодами
4 Введении избыточности по случайным правилам

29. Кодирование источника основано на:
1 Скремблировании сообщений псевдослучайными кодами
2 Методах шифрования
3 Существовании избыточности, мера которой может быть выражена шенноновской энтропией
4 Неравновероятности символов сообщения

30. Линейные блочные коды примечательны тем, что полностью определяются:
1 Набором порождающих полиномов
2 Порождающим полиномом
3 Порождающей матрицей
4 Кодовой таблицей

31. Энтропия некоторого источника информации определяется как:
1 Среднее значение собственной информации
2 Максимальное значение собственной информации
3 Минимальное значение собственной информации
4 Медианное значение собственной информации

32. Помехоустойчивые коды бывают:
1 Блочными и потоковыми
2 Регулярными и нерегулярными
3 Однородными и неоднородными
4 Статическими и динамическими

33. Информация по К. Шеннону выражается как:
1 Логарифм обратной вероятности
2 Величина обратной вероятности
3 Логарифм вероятности
4 Логарифм модуля вероятности

34. Сверточные коды примечательны тем, что полностью определяются:
1 Набором порождающих полиномов
2 Кодовой таблицей
3 Порождающей матрицей
4 Порождающим полиномом

35. Строки порождающей матрицы линейного блочного кода должны быть:
1 Ненулевыми
2 Разными
3 Линейно-независимыми
4 Линейно-зависимыми

36. Число строк проверочной матрицы линейного блочного кода определяется:
1 Количеством проверочных символов
2 Количеством информационных символов
3 Зависит от дополнительных условий
4 Кодовым расстоянием кода

37. Свойство префикса некоторого кода (например, кодов Хаффмана или Шеннона-Фано) заключается в том, что:
1 Ни одна приставка некоторого кодового слова не является кодовым словом
2 Все приставки являются кодовыми словами
3 Кодовые слова имеют одинаковую длину
4 Кодовые слова имеют разную длину

38. Код Лемпеля-Зива (Lempel-Ziv) является:
1 Словарным кодом
2 Древовидным кодом подобно коду Хаффмана
3 Кодом с хеш-таблицей (hash table)
4 Кодом с линейным предсказанием

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

Согласована на портале № 71486

1 Дают максимально возможное кодовое расстояние и являются недвоичными
2 Являются недвоичными
3 Имеют порождающий полином, который не раскладывается на множители
4 Имеют кодовое расстояние, равное количеству проверочных символов

40. Столбцы проверочной матрицы линейного блочного кода фактически являются:
1 Запрещенными кодовыми словами
2 Разрешенными кодовыми словами
3 Синдромами для однократных ошибок
4 Векторами однократных ошибок
41. Кодовое расстояние линейного блочного кода можно определить по проверочной матрице кода как:
1 Количество ненулевых столбцов
2 Максимальное количество линейно-независимых столбцов матрицы минус единица
3 Максимальное количество линейно-независимых столбцов матрицы
4 Максимальное количество линейно-независимых столбцов матрицы плюс единица
42. Величина взаимной информации по К. Шеннону определяется как логарифм отношения вероятностей:
1 P(x/y) / P(x)
2 P(x) / P(x/y)
3 P(x/y) / P(x,y)
4 P(x,y) / P(x)

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Информация. Канал связи. Линия связи.
2. Дискретные и цифровые сигналы, их статистическое описание.
3. Код, алфавит кода, основание кода. Дискретный сигнал, как кодовая комбинация.
4. Статистическое описание непрерывных (аналоговых) сигналов.
5. Аддитивные и мультипликативные помехи. Нормальный белый шум. Канал с многолучевым распространением сигнала. Флуктуации амплитуд и фаз сигналов. Разнесенный прием. Способы разнесенного приема.
6. Методы аналитического и геометрического представления сигналов и помех. Скалярное произведение. Энергии сигналов и расстояние между ними, независимость и ортогональность сигналов.
7. Преобразования сигналов цифровой СПИ. Модель системы передачи информации.
8. Дискретизация во времени непрерывного сигнала. Восстановление непрерывного сигнала из дискретного. Шум дискретизации и способы его уменьшения .
9. Модуляция импульсной несущей непрерывным сигналом. АИМ, ШИМ, ВИМ. Структура спектров.
10. АЦП и ЦАП. Основные характеристики, шум квантования, компандирование. Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ), основной цифровой сигнал.
11. Количество информации, единицы измерения, свойства. Собственная информация, энтропия, избыточность.
12. Энтропия последовательности символов. Условная энтропия, удельная энтропия, избыточность и причины ее появления.
13. Средняя взаимная информация. Скорость создания, скорость передачи и скорость потери информации. Техническая скорость передачи информации.
14. Пропускная способность дискретного канала связи, определение. Пропускная способность двоичного симметричного канала. Зависимость пропускной способности от вероятности битовой ошибки
15. Пропускная способность непрерывного канала. Теорема Шеннона.
16. Согласование канала с источником информации. Код, алфавит кода, основание кода. Классификация кодов.
17. Кодирование источника. Теорема Шеннона для канала без помех. Эффективные коды, принципы эффективного кодирования.
18. Код Хаффмана, пример кодирования алфавита из 4-х символов с заданным рядом распределения, избыточность и эффективность до и после кодирования.

Согласована на портале № 71486

19. Код Шеннона - Фано, пример кодирования алфавита из 4-х символов с заданным рядом распределения, избыточность и эффективность до и после кодирования.
20. Сжатие информации. Алгоритм Лемпела –Зива. Алгоритмы формирования кодовых последовательностей и словарей в кодере и декодере. Пример кодирования и декодирования.
21. Кодирование в канале с помехами. Прямая и обратная теоремы о кодировании. Основные принципы помехоустойчивого кодирования. Классификация кодов.
22. Линейные блочные коды. Геометрическое представление кода. Кодовое расстояние, кратность обнаруживаемых и исправляемых ошибок.
23. Линейные блочные коды с однократной проверкой на четность. Синдромные и проверочные соотношения. Схема кодера и декодера
24. Линейные блочные (n, k) коды с многократными проверками на четность. Производящая и проверочная матрицы. Приведение к каноническому виду. Определение кодового расстояния по матрицам G и H.
25. Код Хемминга. Свойства. Структура производящей и проверочной матриц. Систематический код Хэмминга (7,4). Кодер и декодер.
26. Неравенство Хэмминга для линейных блочных кодов. Его физический смысл и значение в теории кодирования.
27. Циклические коды. Основные свойства. Полиномиальное представление, производящий и проверочный полиномы. Требования к производящему полиному.
28. Циклические коды. Алгоритмы кодирования циклического кода, схема кодера систематического на базе рекурсивного линейного фильтра на примере циклического кода Хемминга (7,4).
29. Циклические коды. Алгоритмы декодирования циклического кода, схема декодера циклического кода Хемминга (7,4) на базе рекурсивного линейного фильтра.
30. Определение вероятностей ошибок при работе декодера в режиме обнаружения ошибок при независимых ошибках. Использование канала переспроса. Вероятность битовой ошибки.
31. Определение вероятностей ошибок при работе декодера в режиме исправления ошибок при независимых ошибках. Расчет вероятности битовой ошибки на выходе декодера.
32. Понятие о циклических кодах кодах БЧХ.
33. Сверточные коды. Структура и основные характеристики. Производящие полиномы, пример систематического кода со степенью кодирования 1/3.
34. Понятие о матричных, каскадных и турбокодах.
35. Ортогональные и биортогональные коды. Матрица Адамара. Функции Уолша.
36. Псевдослучайные последовательности. Формирование псевдослучайной (ПСП) m –последовательности на основе рекурсивного цифрового фильтра. Корреляционные свойства.
37. Модуляция гармонической несущей цифровым сигналом. АМ, ЧМ, ФМ, относительная или дифференциальная ФМ (ОФМ). Причина ее применения. Вид спектров модулированных сигналов и полоса частот, требуемая для передачи.
38. Модуляция гармонической несущей аналоговым сигналом. АМ, ЧМ, ФМ, однополосная АМ (АМОБП). Вид спектров модулированных сигналов и полоса частот, требуемая для передачи.
39. Многопозиционные методы модуляции и причины их применения. Многопозиционная амплитудная модуляция. Геометрическое представление. Достоинства и недостатки.
40. Многопозиционные методы модуляции и причины их применения. Многопозиционная фазовая модуляция. Геометрическое представление. Достоинства и недостатки.
41. Многопозиционные методы модуляции и причины их применения. Многопозиционная квадратурная амплитудная модуляция. Геометрическое представление. Достоинства и недостатки.
42. Априорная информация о сигналах и помехах. Роль систем синхронизации и АПЧ. Когерентные, квазикогерентные и некогерентные системы передачи информации.
43. Демодуляция цифровых сигналов. Корреляционный приемник и согласованный фильтр.
44. Демодуляция цифровых сигналов. Виды априорной неопределенности. Когерентность и синхронность. Синхронизация. Виды синхронизации.
45. Демодуляция цифровых сигналов. Когерентность и синхронность.. Когерентный

Согласована на портале № 71486

приемник АМ сигнала.

46. Демодуляция цифровых сигналов. Виды априорной неопределенности. Когерентность и синхронность. Когерентный приемник ФМ сигналов.
47. Демодуляция цифровых сигналов. Виды априорной неопределенности. Когерентность и синхронность. Некогерентный приемник АМ сигнала.
48. Вероятность ошибки приема для двоичной системы сигналов при белом гауссовском шуме. Сравнительная оценка помехоустойчивости АМ, ЧМ, ФМ сигналов .
49. Перемежение (интерливинг) символов, цели применения. Варианты построения перемежителей.
50. Скремблирование. Цели применения. Построение скремблера на базе рекурсивного цифрового фильтра – генератора псевдослучайной последовательности.
51. Основные положения теории разделения сигналов в системах многоканальной связи. Условия разделимости сигналов, групповой сигнал.
52. Множественный доступ с частотным разделением каналов. Достоинства и недостатки, причины появления междуканальных искажений и способы их устранения.
53. 53. Множественный доступ с временным разделением каналов. Достоинства и недостатки, причины появления междуканальных искажений и способы их устранения.
54. Множественный доступ с кодовым разделением каналов. Достоинства и недостатки, причины появления междуканальных искажений и способы их устранения.
55. Шумоподобные (сложные) сигналы. Расширение спектра передаваемого сигнала. Прямое расширение спектра. (Метод прямой последовательности).
56. Шумоподобные (сложные) сигналы. Расширение спектра передаваемого сигнала. Метод программной скачкообразной перестройки частоты.
57. Прием сигналов в условиях многолучевости. Методы борьбы с многолучевостью.
58. Радиорелейные линии. Ретрансляция и регенерация сигналов. Расчет вероятности ошибки на выходе двухпролетной линии при использовании ретранслятора (НРП) или регенератора(ОРП).
59. Телекоммуникационные сети. Структура и состав сети.
60. Телекоммуникационные сети. Методы коммутации в коммутируемой сети.

### 9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Изучение спектров сигналов с линейной модуляцией. Показывается влияние формы импульсаносителя и функции корреляции битовой последовательности на спектр формируемого сигнала
2. Некогерентная демодуляция бинарного частотного манипулированного сигнала
3. Исследование системы связи с дельта-модуляцией, состоящей из генератора сигналов, модулятора, линии передачи, демодулятора и осциллографавольтметра.
4. Изучение циклических кодов (7, 4). Систематическое кодирование и декодирование с исправлением однократных ошибок. Моделирование двоичного симметричного канала с независимыми ошибками. Оценка вероятности ошибки после декодирования.
5. Изучение схемы систематического кодера циклического кода (15, 11) на основе рекурсивного цифрового фильтра. Изучение принципов деления двух полиномов с помощью таких фильтров.
6. Исследование кода Рида-Соломона над полем GF(p), где p - простое число. Изучается вариант кодирования s(x) = a(x)*g(x), а также декодирование с исправлением ошибок по синдрому - остатку от деления.
7. Изучение сверточных кодов со скоростью кодирования 1/2: кодирование, пороговое декодирование и декодирование по Витерби.

## 9.2. 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.

Согласована на портале № 71486

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 осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### 9.3. 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 9.4.

Таблица 9.4 – 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, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 9.4. 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

Согласована на портале № 71486

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.

Согласована на портале № 71486

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС
протокол № 5 от « 1 » 12 2022 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. РСС | А.В. Фатеев | Согласовано, 595be322-a579-4ae5-8d93-e5f4ee9ceb7d |
| Заведующий обеспечивающей каф. РТС | А.А. Мещеряков | Согласовано, 5bbb058c-a625-4513-8e7f-25eb16694704 |
| И.О. начальника учебного управления | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73 |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Старший преподаватель, каф. РСС | Ю.В. Зеленецкая | Согласовано, 1f099a64-e28d-4307-a5f6-d9d92630e045 |
| Старший преподаватель, каф. РТС | Д.О. Ноздреватых | Согласовано, bd0039b0-9c48-4859-9803-60c9ddba7116 |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Старший преподаватель, каф. РТС | П.А. Полянских | Разработано, 5f5b6d4b-74fa-48c5-bc98-5d9d9521f2ca |
| Ассистент, каф. РТС | Е.С. Паскаль | Разработано, 5dc0481f-7659-40dd-ab8f-33d0e4292386 |

Согласована на портале № 71486