**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по УРиМД
_____Нариманова Г.Н.
«05» _____03_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СВЯЗИ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль) / специализация: **Интеллектуальные системы связи**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2025 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 | 24 | 24 | часов |
| Самостоятельная работа | 78 | 78 | часов |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 180 | 180 | часов |
| | 5 | 5 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|---|---|
| Экзамен | 6 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Нариманова Г.Н.
Должность: И.о. проректора по УРиМД
Дата подписания: 05.03.2025
Уникальный программный ключ:
eb4e14e0-de8d-48f7-bf05-ceacb167edfe

Томск

Согласована на портале № 83502

## 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: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки (special hard skills – SHS).
Индекс дисциплины: Б1.О.03.07.
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** | | |
| ОПК-2. Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных | ОПК-2.1. Знает основные принципы проведения экспериментальных исследований и использования основных приемов обработки и представления полученных данных | Знать основные приемы по обработке информации с системах связи. |
| | ОПК-2.2. Умеет выбирать эффективную методику экспериментальных исследований | Уметь выбирать методики исследований для систем связи. |
| | ОПК-2.3. Владеет навыками проведения экспериментальных исследований, обработки и представления полученных данных | Владеть навыками проведения исследований в системах связи, обработки и представления полученных данных. |
| **Профессиональные компетенции** | | |
| - | - | - |

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

Согласована на портале № 83502

**и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 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** | 66 | 66 |
| Лекционные занятия | 28 | 28 |
| Практические занятия | 14 | 14 |
| Лабораторные занятия | 24 | 24 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 78 | 78 |
| Подготовка к тестированию | 48 | 48 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 30 | 30 |
| **Подготовка и сдача экзамена** | 36 | 36 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 180 | 180 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 5 | 5 |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 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 | 9 | 17 | ОПК-2 |
| 2 Формирующий и согласованный фильтры. Их роль. | 2 | 2 | - | 3 | 7 | ОПК-2 |
| 3 Частотная манипуляция с непрерывной фазой. | - | - | - | 3 | 3 | ОПК-2 |
| 4 Экономные (сжимающие) коды. | 2 | 2 | - | 3 | 7 | ОПК-2 |
| 5 Пропускная способность каналов связи. | 2 | 1 | - | 3 | 6 | ОПК-2 |
| 6 Частотная и энергетическая эффективность систем радиосвязи. | 2 | 1 | - | 3 | 6 | ОПК-2 |
| 7 Коды Хаффмана и Шеннона-Фано. | 2 | - | - | 2 | 4 | ОПК-2 |
| 8 Коды Лемпеля-Зива и Лемпеля-ЗивaУэлча. | 2 | - | - | 2 | 4 | ОПК-2 |
| 9 Кодирование речи в системах радиосвязи. | 2 | - | 4 | 8 | 14 | ОПК-2 |
| 10 Принципы синхронизации в системах радиосвязи. | - | - | - | 2 | 2 | ОПК-2 |
| 11 Принципы расширения спектра в системах радиосвязи. | 2 | 1 | - | 2 | 5 | ОПК-2 |
| 12 Автоматическая регулировка усиления в системах радиосвязи. | - | - | - | 2 | 2 | ОПК-2 |

Согласована на портале № 83502

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 Принципы модуляции OFDM. | - | - | - | 2 | 2 | ОПК-2 |
| 14 Принципы MIMO. | 2 | - | - | 2 | 4 | ОПК-2 |
| 15 Линейные блочные коды. | 2 | 2 | - | 2 | 6 | ОПК-2 |
| 16 Циклические коды. | 2 | 2 | 8 | 8 | 20 | ОПК-2 |
| 17 Коды Рида-Соломона. | 2 | 1 | 4 | 8 | 15 | ОПК-2 |
| 18 Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема. | - | - | - | 2 | 2 | ОПК-2 |
| 19 Низкоплотностные (LDPC) коды. | - | - | - | 2 | 2 | ОПК-2 |
| 20 Сверточные коды. | 2 | - | 4 | 8 | 14 | ОПК-2 |
| 21 Сигнально-кодовые конструкции. | - | - | - | 2 | 2 | ОПК-2 |
| Итого за семестр | 28 | 14 | 24 | 78 | 144 | |
| Итого | 28 | 14 | 24 | 78 | 144 | |

### 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** | | | |
| 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 | ОПК-2 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 83502

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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 | ОПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Частотная манипуляция с непрерывной фазой. | Оформление отчетов по лабораторным работам. | 0 | ОПК-2 |
| | Итого | - | |
| 4 Экономные (сжимающие) коды. | Собственная информация. Энтропия источника. Избыточность. Взаимная информация. Принципы векторного квантования источника. | 2 | ОПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Пропускная способность каналов связи. | Скорость передачи информации. Пропускная способность. Пропускная способность двоичного симметричного канала связи. Пропускная способность канала со стираниями. | 2 | ОПК-2 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 83502

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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 | ОПК-2 |
| | 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 | ОПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 8 Коды Лемпеля-Зива и Лемпеля-ЗиваУэлча. | Составление таблицы-словаря кода Лемпеля-Зива. Достоинства и недостатки кода Лемпеля-Зива. Составление таблицы-словаря кода Лемпеля-Зива-Уэлча. | 2 | ОПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 9 Кодирование речи в системах радиосвязи. | Исследование системы связи с дельта-модуляцией, состоящей из генератора сигналов, модулятора, линии передачи, демодулятора и осциллографа-вольтметра. | 2 | ОПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 10 Принципы синхронизации в системах радиосвязи. | Проработка лекционного материала. | 0 | ОПК-2 |
| | Итого | - | |
| 11 Принципы расширения спектра в системах радиосвязи. | Достоинства сигналов с расширенным спектром. Псевдослучайные последовательности (Мпоследовательности). Коды Голда. | 2 | ОПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 12 Автоматическая регулировка усиления в системах радиосвязи. | Проработка лекционного материала. | 0 | ОПК-2 |
| | Итого | - | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 13 Принципы модуляции OFDM. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам, проработка лекционного материала. | 0 | ОПК-2 |
| | Итого | - | |
| 14 Принципы MIMO. | Классификация MIMO: SISO(классический вариант), SIMO (разнесенный прием), MISO (разнесенная передача), SUMIMO (однопользовательское пространственное уплотнение), MU-MIMO (многопользовательское пространственное уплотнение).Структурные схемы MIMO согласно классификации. | 2 | ОПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 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 | ОПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 16 Циклические коды. | Фундаментальное свойство циклических кодов. Нульполином 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 | ОПК-2 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 83502

| | | | |
|---|---|---|---|
| 17 Коды Рида-Соломона. | Элементы поля Галуа GF(p^q), где p - простое число (2, 3, 5, 7, 11...) как q-мерные вектора из pзначных 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 | ОПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 18 Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема. | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 0 | ОПК-2 |
| | Итого | - | |
| 19 Низкоплотностные (LDPC) коды. | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса, проработка лекционного материала. | 0 | ОПК-2 |
| | 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 | ОПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 21 Сигнально-кодовые конструкции. | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 0 | ОПК-2 |
| | 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 № 83502

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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 | ОПК-2 |
| | 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 | ОПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Экономные (сжимающие) коды. | Определение собственной информации. Определение энтропии источника. Определение избыточности источника. Определение взаимной информации. Изучение принципов векторного квантования источника. | 2 | ОПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Пропускная способность каналов связи. | Вычисление пропускной способности различных каналов связи. | 1 | ОПК-2 |
| | Итого | 1 | |

Согласована на портале № 83502

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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 | ОПК-2 |
| | Итого | 1 | |
| 11 Принципы расширения спектра в системах радиосвязи. | Генерация псевдослучайных последовательностей (М-последовательностей) с помощью цифровых фильтров.Свойства М-последовательностей. Коды Голда. | 1 | ОПК-2 |
| | 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 | ОПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 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 | ОПК-2 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 83502

| | | | |
|---|---|---|---|
| 17 Коды Рида-Соломона. | 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 | ОПК-2 |
| | 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 | ОПК-2 |
| | Некогерентная демодуляция бинарного частотного манипулированного сигнала | 2 | ОПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 9 Кодирование речи в системах радиосвязи. | Исследование системы связи с дельтамодуляцией, состоящей из генератора сигналов, модулятора, линии передачи, демодулятора и осциллографавольтметра. | 4 | ОПК-2 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 83502

| | | | |
|---|---|---|---|
| 16 Циклические коды. | 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. | 4 | ОПК-2 |
| | Изучение схемы систематического кодера циклического кода (15, 11) на основе рекурсивного цифрового фильтра. Изучение принципов деления двух полиномов с помощью таких фильтров. | 4 | ОПК-2 |
| | Итого | 8 | |
| 17 Коды Рида-Соломона. | 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. | 4 | ОПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 20 Сверточные коды. | Изучение сверточных кодов со скоростью кодирования 1/2: кодирование, пороговое декодирование и декодирование по Витерби. | 4 | ОПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 24 | |
| Итого | | 24 | |

### 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** | | | | |
| 1 Модуляция. Спектральный состав. | Подготовка к тестированию | 3 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 6 | ОПК-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 9 | | |
| 2 Формирующий и согласованный фильтры. Их роль. | Подготовка к тестированию | 3 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 3 | | |

Согласована на портале № 83502

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 3 Частотная манипуляция с непрерывной фазой. | Подготовка к тестированию | 3 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 3 | | |
| 4 Экономные (сжимающие) коды. | Подготовка к тестированию | 3 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 3 | | |
| 5 Пропускная способность каналов связи. | Подготовка к тестированию | 3 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 3 | | |
| 6 Частотная и энергетическая эффективность систем радиосвязи. | Подготовка к тестированию | 3 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 3 | | |
| 7 Коды Хаффмана и Шеннона-Фано. | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |
| 8 Коды Лемпеля-Зива и Лемпеля-ЗивaУэлча. | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |
| 9 Кодирование речи в системах радиосвязи. | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 6 | ОПК-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 8 | | |
| 10 Принципы синхронизации в системах радиосвязи. | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |
| 11 Принципы расширения спектра в системах радиосвязи. | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |
| 12 Автоматическая регулировка усиления в системах радиосвязи. | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |
| 13 Принципы модуляции OFDM. | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |
| 14 Принципы MIMO. | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |
| 15 Линейные блочные коды. | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |

Согласована на портале № 83502

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 16 Циклические коды. | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 6 | ОПК-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 8 | | |
| 17 Коды Рида-Соломона. | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 6 | ОПК-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 8 | | |
| 18 Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема. | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |
| 19 Низкоплотностные (LDPC) коды. | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |
| 20 Сверточные коды. | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 6 | ОПК-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 8 | | |
| 21 Сигнально-кодовые конструкции. | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |
| Итого за семестр | | 78 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 114 | | |

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий 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. | |
| ОПК-2 | + | + | + | + | Лабораторная работа, 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.

Согласована на портале № 83502

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 | 10 | 10 | 20 |
| Тестирование | 0 | 20 | 30 | 50 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Итого максимум за период | | 30 | 40 | 100 |
| Нарастающим итогом | | 30 | 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 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: учебное пособие для вузов / В. А. Галкин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Горячая линия - Телеком, 2012. - 592 с. (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. (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.).

### 7.2. Дополнительная литература

1. 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.

Согласована на портале № 83502

### 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. Многоканальная цифровая система передачи информации: Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта расчетного задания, самостоятельной работы / А. С. Бернгардт, Ю. П. Акулиничев - 2016. 41 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6583.
3. Вероятность битовой ошибки при дифференциальном декодировании: Учебно-методическое пособие для проведения практических занятий и самостоятельной работы / А. В. Новиков - 2019. 21 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9007.

#### 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;

– 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

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

Лаборатория защищенных систем связи: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 432 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Приборы измерительные (17 шт.);
- Макеты лабораторные: "Исследование спектров импульсных модулированных сигналов", "Исследование преобразования непрерывных величин в цифровой двоичный код", "Исследование многоканальной системы передачи информации с временным разделением каналов", "Исследование системы связи с дельта-модуляцией", "Исследование биортогонального кода", "Исследование сверточного кода", "Код с проверкой на четность и циклический код";
- Компьютер WS3;

Согласована на портале № 83502

- Компьютер Celeron (4 шт.);
- Телевизор плазменный Pioneer с диагональю экрана 51;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- 7-Zip;
- AVAST Free Antivirus;
- Adobe Acrobat Reader;
- Far Manager;
- Free Pascal Lazarus (версия 1.6);
- GIMP;
- Google Chrome;
- Microsoft Windows 7 Pro;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- Opera;
- Opera Developer;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Scilab;

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

Лаборатория защищенных систем связи: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 432 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Приборы измерительные (17 шт.);
- Макеты лабораторные: "Исследование спектров импульсных модулированных сигналов", "Исследование преобразования непрерывных величин в цифровой двоичный код", "Исследование многоканальной системы передачи информации с временным разделением каналов", "Исследование системы связи с дельта-модуляцией", "Исследование биортогонального кода", "Исследование сверточного кода", "Код с проверкой на четность и циклический код";
- Компьютер WS3;
- Компьютер Celeron (4 шт.);
- Телевизор плазменный Pioneer с диагональю экрана 51;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- 7-Zip;
- AVAST Free Antivirus;
- Adobe Acrobat Reader;
- Far Manager;
- Free Pascal Lazarus (версия 1.6);
- GIMP;
- Google Chrome;
- Microsoft Windows 7 Pro;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- Opera;
- Opera Developer;
- 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:

Согласована на портале № 83502

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 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.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|---|---|---|
| 1 Модуляция. Спектральный состав. | ОПК-2 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 2 Формирующий и согласованный фильтры. Их роль. | ОПК-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Согласована на портале № 83502

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Частотная манипуляция с непрерывной фазой. | ОПК-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 4 Экономные (сжимающие) коды. | ОПК-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 5 Пропускная способность каналов связи. | ОПК-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 6 Частотная и энергетическая эффективность систем радиосвязи. | ОПК-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 7 Коды Хаффмана и Шеннона-Фано. | ОПК-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 8 Коды Лемпеля-Зива и Лемпеля-ЗиваУэлча. | ОПК-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 9 Кодирование речи в системах радиосвязи. | ОПК-2 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 10 Принципы синхронизации в системах радиосвязи. | ОПК-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 11 Принципы расширения спектра в системах радиосвязи. | ОПК-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 12 Автоматическая регулировка усиления в системах радиосвязи. | ОПК-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 13 Принципы модуляции OFDM. | ОПК-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Согласована на портале № 83502

| | | | |
|---|---|---|---|
| 14 Принципы MIMO. | ОПК-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 15 Линейные блочные коды. | ОПК-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 16 Циклические коды. | ОПК-2 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 17 Коды Рида-Соломона. | ОПК-2 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 18 Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема. | ОПК-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 19 Низкоплотностные (LDPC) коды. | ОПК-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 20 Сверточные коды. | ОПК-2 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 21 Сигнально-кодовые конструкции. | ОПК-2 | 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 |

Согласована на портале № 83502

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 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 |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале<br>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:
   а) Минимально короткий по времени отклик на своем выходе
   б) Максимальное отношение сигнал-шум на своем выходе в определенный момент

Согласована на портале № 83502

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

### 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

Согласована на портале № 83502

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.
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

Согласована на портале № 83502

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 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. 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.

Согласована на портале № 83502

### 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 дельтамодуляцией, 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.

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 |
|---|---|---|

Согласована на портале № 83502

| | | |
|---|---|---|
| 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 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 № 83502

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС
протокол № 7 от «26» 12 2024 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ИРЭТ | А.М. Заболоцкий | Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52 |
| Заведующий обеспечивающей каф. РТС | А.С. Аникин | Согласовано, 90a9b589-4503-47e5-999f-a5e10963c1fa |
| Начальник учебного управления | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73 |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Директор, каф. ИРЭТ | А.М. Заболоцкий | Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52 |
| 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 |
| Старший преподаватель, каф. РТС | Д.О. Ноздреватых | Разработано, bd0039b0-9c48-4859-9803-60c9ddba7116 |

Согласована на портале № 83502