

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ  
Директор департамента образования

Документ подписан электронной подписью  
Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820  
Владелец: Троян Павел Ефимович  
Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**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 телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР)**

Курс: **3**

Семестр: **6**

Учебный план набора 2019 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности          | 6 семестр | Всего | Единицы |
|------------------------------------|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия                 | 14        | 14    | часов   |
| Практические занятия               | 14        | 14    | часов   |
| Лабораторные занятия               | 16        | 16    | часов   |
| Самостоятельная работа             | 100       | 100   | часов   |
| Общая трудоемкость                 | 144       | 144   | часов   |
| (включая промежуточную аттестацию) | 4         | 4     | з.е.    |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Зачет с оценкой                | 6       |

## 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).

Индекс дисциплины: Б1.В.ДВ.03.01.

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   |
|--|---|---|
| <b>Универсальные компетенции</b>   |   |   |
| -  | -   | -   |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b>  |   |   |
| -  | -   | -   |
| <b>Профессиональные компетенции</b>  |   |   |
| ПКР-1. Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ | ПКР-1.1. Умеет строить физические и математические модели модулей, узлов, блоков радиотехнических устройств и систем. | Уметь составлять кодовую таблицу линейного блочного кода по его матрице. Приводить матрицы линейных блочных кодов к систематической форме. Определять кодовое расстояние линейного блочного кода по его проверочной матрице, а также по кодовой таблице. Делить и умножать полиномы над полем Галуа GF(p) двумя способами: алгебраически и с помощью цифровых фильтров. Факторизовать полиномы с помощью программы компьютерной алгебры SymPy. Находить обратную матрицу дискретного преобразования Фурье над полем Галуа GF(p). Составлять диаграмму состояний и решетку сверточного кода. Составлять дерево кода Хаффмана. Составлять код Шеннона-Фано. Составлять таблицу кода Лемпеля-Зива. Вычислять энтропию заданного источника. Вычислять избыточность до и после кодирования сжимающим кодом. Вычислять пропускную способность двоичного симметричного канала связи и канала со стираниями. На качественном уровне изображать спектральные диаграммы сигналов с модуляциями: амплитудной (АМ), фазовой (ФМ), частотной (ЧМ) и OFDM. Вычислять спектральную плотность мощности по заданной функции корреляции цифрового потока. Определять уровень боковых лепестков в спектре сигнала. Анализировать "глазковые" диаграммы и сигнальные созвездия. Выбирать вид модуляции. Выбирать класс выходного усилителя мощности исходя из вида модуляции. Моделировать сигналы с АМ, ФМ, ЧМ и OFDM модуляциями и их спектральные плотности мощности |
|  | ПКР-1.2. Владеет навыками компьютерного моделирования.  | Владеть методами компьютерного моделирования современных и перспективных систем радиосвязи, а также элементами проектирования таких систем.   |

|  |   |   |
|--|---|---|
| <p>ПКР-4. Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам</p> | <p>ПКР-4.1. Знает принципы построения технического задания при разработке деталей, узлов и устройств радиотехнических систем.</p> | <p>Знать роль модуляции в системах передачи информации. Различие между аналоговой и цифровой модуляцией. Роль формирующих фильтров и влияние межсимвольной интерференции. Смысл спектральной плотности мощности белого шума. Базовые методы модуляции: амплитудную (АМ), фазовую (ФМ) и частотную (ЧМ). Спектральный состав сигналов для основных методов модуляции: амплитудной, частотной и фазовой. Особенности ЧМ с непрерывной фазой. Взаимосвязь методов модуляции с классами выходных усилителей мощности. Принципы модуляции множества ортогональных поднесущих (OFDM). Роль OFDM при наличии многолучевости. Влияние фазового шума на производительность систем связи. Отношение сигнал-шум для цифровых систем связи. Про энергетическую и частотную эффективность систем связи. Принципы синхронизации в системах связи. Петлю Костаса. Детектор Гарднера. Об ухудшении степени однозначности фазы восстановленной несущей с ростом битовой скорости передачи. Принципы расширения спектра сигналов в системах связи. Структурные схемы и особенности трех поколений цифровых систем связи по методам формирования и обработки сигналов: аналоговые, гибридные и цифровые. Схемы автоматической цифровой регулировки усиления. Фундаментальное свойство линейных блочных кодов. Правило кодирования линейным блочным кодом. Структуру порождающих и проверочных матриц линейного блочного кода в систематической форме. Правило вычисления синдрома линейного блочного кода по проверочной матрице. Роль синдрома при обнаружении/исправлении ошибок, а также восстановлении стертых символов. Способ распределения синдромов по классам смежности. Правило определения кодового расстояния линейного блочного кода по кодовой таблице. Способ определения кратностей гарантированно обнаруживаемых, гарантированно исправляемых ошибок, а также гарантированно восстанавливаемых стертых символов. Границы Синглтона, Хемминга и неравенство Гилберта для корректирующих кодов. Фундаментальное свойство циклических кодов. Правило составления порождающих полиномов циклических кодов. Правило кодирования циклическим кодом в систематической и несистематической формах. Связь порождающих и проверочных полиномов циклического кода с порождающими и проверочными матрицами соответствующего линейного блочного кода. Способ деления и умножения полиномов с помощью цифровых фильтров, соответственно, рекурсивных и трансверсальных. Роль остатка от 3 38531</p> |
|  | <p>ПКР-4.2. Умеет использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации.</p>          | <p>Уметь составлять кодовую таблицу линейного блочного кода по его матрице. Приводить матрицы линейных блочных кодов к систематической форме. Определять кодовое расстояние линейного блочного кода по его проверочной матрице, а также по кодовой таблице. Делить и умножать полиномы над полем Галуа GF(p) двумя способами: алгебраически и с помощью цифровых фильтров. Факторизовать полиномы с помощью программы компьютерной алгебры SymPy. Находить обратную матрицу дискретного преобразования Фурье над полем Галуа GF(p). Составлять диаграмму состояний и решетку сверточного кода. Составлять дерево кода Хаффмана. Составлять код Шеннона-Фано. Составлять таблицу кода Лемпеля-Зива. Вычислять энтропию заданного источника. Вычислять избыточность до и после кодирования сжимающим кодом. Вычислять пропускную способность двоичного симметричного канала связи и канала со стираниями. На качественном уровне изображать спектральные диаграммы сигналов с модуляциями: амплитудной (АМ), фазовой (ФМ), частотной (ЧМ) и OFDM. Вычислять спектральную плотность мощности по заданной функции корреляции цифрового потока. Определять уровень боковых лепестков в спектре сигнала. Анализировать "глазковые" диаграммы и сигнальные созвездия. Выбирать вид модуляции. Выбирать класс выходного усилителя мощности исходя из вида модуляции. Моделировать сигналы с АМ, ФМ, ЧМ и OFDM модуляциями и их спектральные плотности мощности</p>  |
|  | <p>ПКР-4.3. Владеет навыками оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартами.</p>                  | <p>Владеет навыками оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартами.</p>   |

**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 |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>   | 44          | 44        |
| Лекционные занятия  | 14          | 14        |
| Практические занятия  | 14          | 14        |
| Лабораторные занятия  | 16          | 16        |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 100         | 100       |
| Подготовка к зачету с оценкой   | 45          | 45        |
| Подготовка к тестированию   | 40          | 40        |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета  | 10          | 10        |
| Написание отчета по лабораторной работе   | 5           | 5         |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b>   | 144         | 144       |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>  | 4           | 4         |

**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 |
|---|--------------|---------------|-----------|--------------|----------------------------|-------------------------|
|   |              |               |           |              |                            |                         |
| 1 Модуляция. Спектральный состав.                             | 1            | 2             | 4         | 6            | 13                         | ПКР-1, ПКР-4            |
| 2 Формирующий и согласованный фильтры. Их роль.               | 1            | 2             | -         | 2            | 5                          | ПКР-1, ПКР-4            |
| 3 Частотная манипуляция с непрерывной фазой.                  | -            | -             | -         | 2            | 2                          | ПКР-1, ПКР-4            |
| 4 Экономные (сжимающие) коды.                                 | 1            | 2             | -         | 6            | 9                          | ПКР-1, ПКР-4            |
| 5 Пропускная способность каналов связи.                       | 1            | 1             | -         | 6            | 8                          | ПКР-1, ПКР-4            |
| 6 Частотная и энергетическая эффективность систем радиосвязи. | 1            | 1             | -         | 6            | 8                          | ПКР-1, ПКР-4            |
| 7 Коды Хаффмана и Шеннона-Фано.                               | 1            | -             | -         | 8            | 9                          | ПКР-1, ПКР-4            |
| 8 Коды Лемпеля-Зива и Лемпеля-Зива-Уэлча.                     | 1            | -             | -         | 6            | 7                          | ПКР-1, ПКР-4            |
| 9 Кодирование речи в системах радиосвязи.                     | -            | -             | 4         | 6            | 10                         | ПКР-1, ПКР-4            |
| 10 Принципы синхронизации в системах радиосвязи.              | -            | -             | -         | 2            | 2                          | ПКР-1, ПКР-4            |

|   |    |    |    |     |     |              |
|---|----|----|----|-----|-----|--------------|
| 11 Принципы расширения спектра в системах радиосвязи.         | 1  | 1  | -  | 4   | 6   | ПКР-1, ПКР-4 |
| 12 Автоматическая регулировка усиления в системах радиосвязи. | -  | -  | -  | 2   | 2   | ПКР-1, ПКР-4 |
| 13 Принципы модуляции OFDM.                                   | -  | -  | -  | 2   | 2   | ПКР-1, ПКР-4 |
| 14 Принципы MIMO.   | 1  | -  | -  | 4   | 5   | ПКР-1, ПКР-4 |
| 15 Линейные блочные коды.                                     | 2  | 2  | -  | 10  | 14  | ПКР-1, ПКР-4 |
| 16 Циклические коды   | 1  | 2  | 4  | 6   | 13  | ПКР-1, ПКР-4 |
| 17 Коды Рида-Соломона   | 1  | 1  | 2  | 6   | 10  | ПКР-1, ПКР-4 |
| 18 Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема.                            | -  | -  | -  | 6   | 6   | ПКР-1        |
| 19 Низкоплотностные (LDPC) коды.                              | -  | -  | -  | 2   | 2   | ПКР-1, ПКР-4 |
| 20 Сверточные коды.   | 1  | -  | 2  | 6   | 9   | ПКР-1, ПКР-4 |
| 21 Сигнально-кодовые конструкции.                             | -  | -  | -  | 2   | 2   | ПКР-1, ПКР-4 |
| Итого за семестр  | 14 | 14 | 16 | 100 | 144 |              |
| Итого   | 14 | 14 | 16 | 100 | 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 |
|------------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>6 семестр</b>                   |  |                                      |                         |
| 1 Модуляция. Спектральный состав.  | Роль модуляции в системах передачи информации. Различие аналоговой и цифровой модуляции.-<br>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:<br>аналоговые, гибридные и цифровые. | 1                                    | ПКР-1, ПКР-4            |
|                                    | Итого  | 1                                    |                         |

|   |   |   |              |
|---|---|---|--------------|
| 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. | 1 | ПКР-1, ПКР-4 |
|   | Итого   | 1 |              |
| 3 Частотная манипуляция с непрерывной фазой.    | Оформление отчетов по лабораторным работам.   | 0 | ПКР-1, ПКР-4 |
|   | Итого   | - |              |
| 4 Экономные (сжимающие) коды.                   | Собственная информация. Энтропия источника. Избыточность. Взаимная информация. Принципы векторного квантования источника.   | 1 | ПКР-1, ПКР-4 |
|   | Итого   | 1 |              |
| 5 Пропускная способность каналов связи.         | Скорость передачи информации. Пропускная способность. Пропускная способность двоичного симметричного канала связи. Пропускная способность канала со стираниями.   | 1 | ПКР-1, ПКР-4 |
|   | Итого   | 1 |              |

|   |  |   |              |
|---|--|---|--------------|
| 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.   | 1 | ПКР-1, ПКР-4 |
|   | Итого  | 1 |              |
| 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. | 1 | ПКР-1, ПКР-4 |
|   | Итого  | 1 |              |
| 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.  | 1 | ПКР-1, ПКР-4 |
|   | Итого  | 1 |              |
| 9 Кодирование речи в системах радиосвязи.                     | Исследование системы связи с дельта-модуляцией, состоящей из генератора сигналов, модулятора, линии передачи, демодулятора и осциллографа-вольтметра.  | 0 | ПКР-1        |
|   | Итого  | - |              |
| 10 Принципы синхронизации в системах радиосвязи.              | Проработка лекционного материала.  | 0 | ПКР-1, ПКР-4 |
|   | Итого  | - |              |
| 11 Принципы расширения спектра в системах радиосвязи.         | Достоинства сигналов с расширенным спектром. Псевдослучайные последовательности (М-последовательности). Коды Голда.  | 1 | ПКР-1, ПКР-4 |
|   | Итого  | 1 |              |
| 12 Автоматическая регулировка усиления в системах радиосвязи. | Проработка лекционного материала.  | 0 | ПКР-1, ПКР-4 |
|   | Итого  | - |              |

|                             |   |   |              |
|-----------------------------|---|---|--------------|
| 13 Принципы модуляции OFDM. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам, проработка лекционного материала.  | 0 | ПКР-1, ПКР-4 |
|                             | 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.   | 1 | ПКР-1, ПКР-4 |
|                             | Итого   | 1 |              |
| 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 | ПКР-1, ПКР-4 |
|                             | 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. | 1 | ПКР-1, ПКР-4 |
|                                    | Итого  | 1 |              |
| 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.  | 1 | ПКР-1, ПКР-4 |
|                                    | Итого  | 1 |              |
| 18 Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема. | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса  | 0 | ПКР-1        |
|                                    | Итого  | - |              |
| 19 Низкоплотностные (LDPC) коды.   | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса, проработка лекционного материала.   | 0 | ПКР-1, ПКР-4 |
|                                    | 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. | 1  | ПКР-1, ПКР-4 |
|                                   | Итого   | 1  |              |
| 21 Сигнально-кодовые конструкции. | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса   | 0  | ПКР-1, ПКР-4 |
|                                   | Итого   | -  |              |
| Итого за семестр                  |   | 14 |              |
| Итого                             |   | 14 |              |

### 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 |
|------------------------------------|---|-----------------|-------------------------|
| <b>6 семестр</b>                   |   |                 |                         |
| 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 (АМІ, ЧПИ), с циклическим преобразованием (MLT-3). Расчет спектральных плотностей по корреляционным функциям. Построение соответствующих графиков, их анализ. | 2               | ПКР-1                   |
|                                    | Итого   | 2               |                         |

|   |   |   |       |
|---|---|---|-------|
| 2 Формирующий и согласованный фильтры. Их роль. | <p>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.</p> | 2 | ПКР-1 |
|   | Итого   | 2 |       |
| 4 Экономные (сжимающие) коды.                   | <p>Определение собственной информации.<br/> Определение энтропии источника.<br/> Определение избыточности источника.<br/> Определение взаимной информации.<br/> Изучение принципов векторного квантования источника.</p>  | 2 | ПКР-1 |
|   | Итого   | 2 |       |
| 5 Пропускная способность каналов связи.         | <p>Вычисление пропускной способности различных каналов связи.</p>   | 1 | ПКР-1 |
|   | 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 | ПКР-1 |
| Итого   |  | 1 |       |
| 11 Принципы расширения спектра в системах радиосвязи.         | Генерация псевдослучайных последовательностей (М-последовательностей) с помощью цифровых фильтров. Свойства М-последовательностей. Коды Голда.   | 1 | ПКР-1 |
| 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 | ПКР-1 |
| 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 | ПКР-1 |
| 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  | ПКР-1 |
|                       | 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 |
|---|--|-----------------|-------------------------|
| <b>6 семестр</b>                          |  |                 |                         |
| 1 Модуляция. Спектральный состав.         | Изучение спектров сигналов с линейной модуляцией. Показывается влияние формы импульсаноносителя и функции корреляции битовой последовательности на спектр формируемого сигнала | 2               | ПКР-1, ПКР-4            |
|   | Некогерентная демодуляция бинарного частотного манипулированного сигнала   | 2               | ПКР-1, ПКР-4            |
|   | Итого  | 4               |                         |
| 9 Кодирование речи в системах радиосвязи. | Исследование системы связи с дельта-модуляцией, состоящей из генератора сигналов, модулятора, линии передачи, демодулятора и осциллографавольтметра.                           | 4               | ПКР-1, ПКР-4            |
|   | Итого  | 4               |                         |

|                       |  |    |              |
|-----------------------|--|----|--------------|
| 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. | 2  | ПКР-1, ПКР-4 |
|                       | Изучение схемы систематического кодера циклического кода (15, 11) на основе рекурсивного цифрового фильтра. Изучение принципов деления двух полиномов с помощью таких фильтров.  | 2  | ПКР-1, ПКР-4 |
|                       | Итого  | 4  |              |
| 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.                               | 2  | ПКР-1, ПКР-4 |
|                       | Итого  | 2  |              |
| 20 Сверточные коды.   | Изучение сверточных кодов со скоростью кодирования 1/2: кодирование, пороговое декодирование и декодирование по Витерби.   | 2  | ПКР-1, ПКР-4 |
|                       | 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 |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|----------------|
| <b>6 семестр</b>                   |                             |                 |                         |                |

|   |  |   |              |                              |
|---|--|---|--------------|------------------------------|
| 1 Модуляция. Спектральный состав.                             | Подготовка к зачету с оценкой                      | 2 | ПКР-1        | Зачёт с оценкой              |
|   | Подготовка к тестированию                          | 1 | ПКР-1        | Тестирование                 |
|   | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 2 | ПКР-1, ПКР-4 | Лабораторная работа          |
|   | Написание отчета по лабораторной работе            | 1 | ПКР-1, ПКР-4 | Отчет по лабораторной работе |
|   | Итого  | 6 |              |                              |
| 2 Формирующий и согласованный фильтры. Их роль.               | Подготовка к зачету с оценкой                      | 1 | ПКР-1        | Зачёт с оценкой              |
|   | Подготовка к тестированию                          | 1 | ПКР-1        | Тестирование                 |
|   | Итого  | 2 |              |                              |
| 3 Частотная манипуляция с непрерывной фазой.                  | Подготовка к зачету с оценкой                      | 1 | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              |
|   | Подготовка к тестированию                          | 1 | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование                 |
|   | Итого  | 2 |              |                              |
| 4 Экономные (сжимающие) коды.                                 | Подготовка к зачету с оценкой                      | 3 | ПКР-1        | Зачёт с оценкой              |
|   | Подготовка к тестированию                          | 3 | ПКР-1        | Тестирование                 |
|   | Итого  | 6 |              |                              |
| 5 Пропускная способность каналов связи.                       | Подготовка к зачету с оценкой                      | 3 | ПКР-1        | Зачёт с оценкой              |
|   | Подготовка к тестированию                          | 3 | ПКР-1        | Тестирование                 |
|   | Итого  | 6 |              |                              |
| 6 Частотная и энергетическая эффективность систем радиосвязи. | Подготовка к зачету с оценкой                      | 3 | ПКР-1        | Зачёт с оценкой              |
|   | Подготовка к тестированию                          | 3 | ПКР-1        | Тестирование                 |
|   | Итого  | 6 |              |                              |
| 7 Коды Хаффмана и Шеннона-Фано.                               | Подготовка к зачету с оценкой                      | 4 | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              |
|   | Подготовка к тестированию                          | 4 | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование                 |
|   | Итого  | 8 |              |                              |
| 8 Коды Лемпеля-Зива и Лемпеля-Зива-Уэлча.                     | Подготовка к зачету с оценкой                      | 3 | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              |
|   | Подготовка к тестированию                          | 3 | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование                 |
|   | Итого  | 6 |              |                              |

|   |  |    |              |                              |
|---|--|----|--------------|------------------------------|
| 9 Кодирование речи в системах радиосвязи.                     | Подготовка к зачету с оценкой                      | 2  | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              |
|   | Подготовка к тестированию                          | 1  | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование                 |
|   | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 2  | ПКР-1, ПКР-4 | Лабораторная работа          |
|   | Написание отчета по лабораторной работе            | 1  | ПКР-1, ПКР-4 | Отчет по лабораторной работе |
|   | Итого  | 6  |              |                              |
| 10 Принципы синхронизации в системах радиосвязи.              | Подготовка к зачету с оценкой                      | 1  | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              |
|   | Подготовка к тестированию                          | 1  | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование                 |
|   | Итого  | 2  |              |                              |
| 11 Принципы расширения спектра в системах радиосвязи.         | Подготовка к зачету с оценкой                      | 2  | ПКР-1        | Зачёт с оценкой              |
|   | Подготовка к тестированию                          | 2  | ПКР-1        | Тестирование                 |
|   | Итого  | 4  |              |                              |
| 12 Автоматическая регулировка усиления в системах радиосвязи. | Подготовка к зачету с оценкой                      | 1  | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              |
|   | Подготовка к тестированию                          | 1  | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование                 |
|   | Итого  | 2  |              |                              |
| 13 Принципы модуляции OFDM.                                   | Подготовка к зачету с оценкой                      | 1  | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              |
|   | Подготовка к тестированию                          | 1  | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование                 |
|   | Итого  | 2  |              |                              |
| 14 Принципы MIMO.   | Подготовка к зачету с оценкой                      | 2  | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              |
|   | Подготовка к тестированию                          | 2  | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование                 |
|   | Итого  | 4  |              |                              |
| 15 Линейные блочные коды.                                     | Подготовка к зачету с оценкой                      | 5  | ПКР-1        | Зачёт с оценкой              |
|   | Подготовка к тестированию                          | 5  | ПКР-1        | Тестирование                 |
|   | Итого  | 10 |              |                              |



|                                    |  |   |              |                              |
|------------------------------------|--|---|--------------|------------------------------|
| 16 Циклические коды                | Подготовка к зачету с оценкой                      | 2 | ПКР-1        | Зачёт с оценкой              |
|                                    | Подготовка к тестированию                          | 1 | ПКР-1        | Тестирование                 |
|                                    | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 2 | ПКР-1, ПКР-4 | Лабораторная работа          |
|                                    | Написание отчета по лабораторной работе            | 1 | ПКР-1, ПКР-4 | Отчет по лабораторной работе |
|                                    | Итого  | 6 |              |                              |
| 17 Коды Рида-Соломона              | Подготовка к зачету с оценкой                      | 2 | ПКР-1        | Зачёт с оценкой              |
|                                    | Подготовка к тестированию                          | 1 | ПКР-1        | Тестирование                 |
|                                    | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 2 | ПКР-1, ПКР-4 | Лабораторная работа          |
|                                    | Написание отчета по лабораторной работе            | 1 | ПКР-1, ПКР-4 | Отчет по лабораторной работе |
|                                    | Итого  | 6 |              |                              |
| 18 Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема. | Подготовка к зачету с оценкой                      | 3 | ПКР-1        | Зачёт с оценкой              |
|                                    | Подготовка к тестированию                          | 3 | ПКР-1        | Тестирование                 |
|                                    | Итого  | 6 |              |                              |
| 19 Низкоплотностные (LDPC) коды.   | Подготовка к зачету с оценкой                      | 1 | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              |
|                                    | Подготовка к тестированию                          | 1 | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование                 |
|                                    | Итого  | 2 |              |                              |
| 20 Сверточные коды.                | Подготовка к зачету с оценкой                      | 2 | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              |
|                                    | Подготовка к тестированию                          | 1 | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование                 |
|                                    | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 2 | ПКР-1, ПКР-4 | Лабораторная работа          |
|                                    | Написание отчета по лабораторной работе            | 1 | ПКР-1, ПКР-4 | Отчет по лабораторной работе |
|                                    | Итого  | 6 |              |                              |

|                                   |                               |     |              |                 |
|-----------------------------------|-------------------------------|-----|--------------|-----------------|
| 21 Сигнально-кодовые конструкции. | Подготовка к зачету с оценкой | 1   | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой |
|                                   | Подготовка к тестированию     | 1   | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование    |
|                                   | Итого                         | 2   |              |                 |
| Итого за семестр                  |                               | 100 |              |                 |
| Итого                             |                               | 100 |              |                 |

### 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. |  |
| ПКР-1                   | +                         | +          | +         | +         | Зачёт с оценкой, Лабораторная работа, Тестирование, Отчет по лабораторной работе |
| ПКР-4                   | +                         |            | +         | +         | Зачёт с оценкой, Лабораторная работа, Тестирование, Отчет по лабораторной работе |

## 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 |
|------------------------------|--|---|---|------------------|
| <b>6 семестр</b>             |  |   |   |                  |
| Зачёт с оценкой              | 0  | 0   | 50  | 50               |
| Лабораторная работа          | 5  | 5   | 5   | 15               |
| Тестирование                 | 0  | 0   | 20  | 20               |
| Отчет по лабораторной работе | 5  | 5   | 5   | 15               |
| Итого максимум за период     | 10   | 10  | 80  | 100              |
| Нарастающим итогом           | 10   | 20  | 100   | 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      |

### 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  | E (посредственно)       |
|                                      | 60 – 64  |                         |
| 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;
- 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.);
- 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, 201 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.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

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

|   |              |                              |  |
|---|--------------|------------------------------|--|
| 9 Кодирование речи в системах радиосвязи.                     | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|   |              | Лабораторная работа          | Темы лабораторных работ                |
|   |              | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий    |
|   |              | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ                |
| 10 Принципы синхронизации в системах радиосвязи.              | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|   |              | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 11 Принципы расширения спектра в системах радиосвязи.         | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|   |              | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 12 Автоматическая регулировка усиления в системах радиосвязи. | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|   |              | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 13 Принципы модуляции OFDM.                                   | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|   |              | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 14 Принципы MIMO.   | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|   |              | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 15 Линейные блочные коды.                                     | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|   |              | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 16 Циклические коды   | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|   |              | Лабораторная работа          | Темы лабораторных работ                |
|   |              | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий    |
|   |              | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ                |

|                                    |              |                              |  |
|------------------------------------|--------------|------------------------------|--|
| 17 Коды Рида-Соломона              | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|                                    |              | Лабораторная работа          | Темы лабораторных работ                |
|                                    |              | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий    |
|                                    |              | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ                |
| 18 Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема. | ПКР-1        | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|                                    |              | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 19 Низкоплотностные (LDPC) коды.   | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|                                    |              | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 20 Сверточные коды.                | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|                                    |              | Лабораторная работа          | Темы лабораторных работ                |
|                                    |              | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий    |
|                                    |              | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ                |
| 21 Сигнально-кодовые конструкции.  | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|                                    |              | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий    |

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<br>(неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов         | отсутствие знаний или фрагментарные знания  | отсутствие умений или частично освоенное умение             | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков    |
| 3<br>(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<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне <b>ориентирования</b> , 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<br>(удовлетворительно)   | Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.   |
| 4 (хорошо)                 | Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> 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 <b>системном</b> 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

- Согласованный фильтр обеспечивает:
  - Минимально короткий по времени отклик на своем выходе
  - Максимальное отношение сигнал-шум на своем выходе в определенный момент времени, при условии, что шум — белый
  - Снятие закона модуляции (демодуляцию)
  - Максимум шенноновской информации на своем выходе
- Формирующий фильтр обеспечивает:
  - Формирование квадратурных сигналов с заданной формой спектральной плотности
  - Формирование узкополосного сигнала на некоторой несущей частоте
  - Формирование ортогональных по времени квадратурных сигналов
  - Формирование тактовых импульсов для символической синхронизации
- Согласованный фильтр является:
  - Линейным фильтром с постоянными параметрами
  - Нелинейным фильтром с постоянными параметрами
  - Линейным фильтром с переменными параметрами

- Нелинейным фильтром с переменными параметрами
4. Формирующий фильтр является:
    - Линейным фильтром с постоянными параметрами
    - Нелинейным фильтром с постоянными параметрами
    - Линейным фильтром с переменными параметрами
    - Нелинейным фильтром с переменными параметрами
  5. Параметр Roll-off factor формирующего фильтра типа "приподнятый" косинус позволяет:
    - Изменить уровень межсимвольной интерференции на своем выходе
    - Изменить ширину спектра формируемого сигнала
    - Изменить скорость спада мощности вне основной полосы формируемого сигнала
    - Изменить амплитуду формируемого сигнала
  6. Межсимвольная интерференция — это:
    - Когда время прихода импульса является случайной величиной с ненулевой дисперсией
    - Когда импульс влияет на соседние импульсы, накладываясь на них своими "хвостами"
    - Когда длительность импульса является случайной величиной с ненулевой дисперсией
    - Процесс формирования группового сигнала в системах с кодовым разделением каналов
  7. Межсимвольная интерференция является:
    - Вредной
    - Полезной
    - Зависит от способа формирования сигнала
    - Нейтральной
  8. Согласованный фильтр, бывает, заменяют:
    - Фильтром нижних частот
    - Коррелятором
    - Коррелятором с фильтром нижних частот
    - Фильтром верхних частот
  9. Коррелятор — это устройство, которое вычисляет:
    - Интеграл по времени от входного сигнала
    - Произведение опорного сигнала и входного
    - Интеграл по времени от произведения опорного сигнала и входного
    - Свертку опорного сигнала с входным
  10. Когерентный прием обязательно включает в себя:
    - Амплитудный детектор
    - Схему выделения сигнала "пилот-тон"
    - Контур фазовой автоподстройки частоты
    - Процесс формирования опорного колебания с точностью до фазы для последующего снятия закона модуляции
  11. Некогерентный прием обязательно включает в себя:
    - Процесс формирования опорного колебания с точностью до частоты для последующего снятия закона модуляции
    - Схему выделения сигнала "пилот-тон"
    - Контур фазовой автоподстройки частоты
    - Частотный детектор
  12. Петля Костаса предназначена для:
    - Автоматической подстройки частоты формируемого опорного колебания
    - Снятия дифференциального кодирования символов
    - Автоматической подстройки частоты формируемого опорного колебания с точностью до фазы
    - Удвоения частоты формируемого колебания
  13. Модуляция QPSK позволяет передать:
    - 1.5 бита на символ
    - 4 бита на символ
    - 1 бит на символ
    - 2 бита на символ
  14. Модуляция GMSK позволяет передать:
    - 1.5 бита на символ
    - 4 бита на символ

- 1 бит на символ
  - 2 бита на символ
15. Модуляция QAM-16 позволяет передать:
    - 1.5 бита на символ
    - 4 бита на символ
    - 1 бит на символ
    - 2 бита на символ
  16. Более требовательна к отношению сигнал-шум модуляция:
    - GMSK
    - QPSK
    - QAM-16
    - BPSK
  17. Более требовательна к линейности выходного усилителя мощности модуляция:
    - QAM-16
    - OQPSK
    - GMSK
    - QPSK- $\pi/4$
  18. Усилители мощности по степени линейности делятся на классы:
    - A,B,C
    - A,B,C; D,E,F
    - I, II, III
    - 0, 1, 2
  19. Мощность теплового шума на входе малошумящего усилителя приемника прямо пропорциональна:
    - Коэффициенту шума малошумящего усилителя
    - Полосе частот принимаемого радиосигнала
    - Несущей частоте принимаемого радиосигнала
    - Существует сама по себе и ни от чего не зависит
  20. Коэффициент шума малошумящего усилителя это:
    - Отношение сигнал-шум на входе усилителя, деленное на отношение сигнал-шум на его выходе
    - Уровень собственного шума усилителя, в dBm
    - Величина  $kT$ , где  $T$  — температура окружающей среды,  $k$  — постоянная Больцмана
    - Разница коэффициентов усиления усилителя (в dB), измеренных для двух опорных температур
  21. Коды Голда примечательны:
    - Идеальной автокорреляционной функцией
    - Трехзначной функцией взаимной корреляции
    - Своей ортогональностью
    - Тем, что их изобрел мистер Голд
  22. M-последовательности примечательны:
    - Максимальным периодом
    - Хорошими взаимно корреляционными свойствами
    - Своей ортогональностью
    - Равенством количества нулей и единиц
  23. Коды Уолша примечательны:
    - Идеальной автокорреляционной функцией
    - Наличием последовательности типа "меандр"
    - Своей абсолютной независимостью
    - Своей ортогональностью
  24. Для систем радиосвязи с расширенным спектром характерна:
    - Лучшая защита от непреднамеренных помех и многолучевого распространения сигнала
    - Более высокая битовая скорость передачи информации
    - Большая плотность мощности излучаемого сигнала
    - Заметность в радиоэфире
  25. Системы с кодовым разделением каналов:
    - Вытеснили другие технологии разделения каналов ввиду своей исключительности

- Применяются одновременно с другими технологиями разделения каналов
  - Практически не применяются ввиду своей сложности
  - Отдали "козырную масть" технологии OFDM
26. Коэффициент расширения спектра в современных (4G) системах радиосвязи варьируется в пределах:
- (4-512)
  - (256-1024)
  - (4-64)
  - (32-128)
27. Коэффициент расширения спектра равен 256. Отношение сигнал-шум после сжатия (по времени) сигнала с расширенным спектром увеличится на:
- 110 dB
  - 48 dB
  - 24 dB
  - 55 dB
28. Помехоустойчивое кодирование основано на:
- Дублировании символов
  - Введении избыточности по определенным правилам
  - Скремблировании сообщений псевдослучайными кодами
  - Введении избыточности по случайным правилам
29. Кодирование источника основано на:
- Скремблировании сообщений псевдослучайными кодами
  - Методах шифрования
  - Существовании избыточности, мера которой может быть выражена шенноновской энтропией
  - Неравновероятности символов сообщения
30. Линейные блочные коды примечательны тем, что полностью определяются:
- Набором порождающих полиномов
  - Порождающим полиномом
  - Порождающей матрицей
  - Кодовой таблицей
31. Энтропия некоторого источника информации определяется как:
- Среднее значение собственной информации
  - Максимальное значение собственной информации
  - Минимальное значение собственной информации
  - Медианное значение собственной информации
32. Помехоустойчивые коды бывают:
- Блочными и потоковыми
  - Регулярными и нерегулярными
  - Однородными и неоднородными
  - Статическими и динамическими
33. Информация по К. Шеннону выражается как:
- Логарифм обратной вероятности
  - Величина обратной вероятности
  - Логарифм вероятности
  - Логарифм модуля вероятности
34. Сверточные коды примечательны тем, что полностью определяются:
- Набором порождающих полиномов
  - Кодовой таблицей
  - Порождающей матрицей
  - Порождающим полиномом
35. Строки порождающей матрицы линейного блочного кода должны быть:
- Ненулевыми
  - Разными
  - Линейно-независимыми
  - Линейно-зависимыми
36. Число строк проверочной матрицы линейного блочного кода определяется:

- Количество проверочных символов
  - Количество информационных символов
  - Зависит от дополнительных условий
  - Кодовым расстоянием кода
37. Свойство префикса некоторого кода (например, кодов Хаффмана или Шеннона-Фано) заключается в том, что:
- Ни одна приставка некоторого кодового слова не является кодовым словом
  - Все приставки являются кодовыми словами
  - Кодовые слова имеют одинаковую длину
  - Кодовые слова имеют разную длину
38. Код Лемпеля-Зива (Lempel-Ziv) является:
- Словарным кодом
  - Древовидным кодом подобно коду Хаффмана
  - Кодом с хеш-таблицей (hash table)
  - Кодом с линейным предсказанием
39. Коды Рида-Соломона примечательны тем, что они:
- Дают максимально возможное кодовое расстояние и являются недвоичными
  - Являются недвоичными
  - Имеют порождающий полином, который не раскладывается на множители
  - Имеют кодовое расстояние, равное количеству проверочных символов
40. Столбцы проверочной матрицы линейного блочного кода фактически являются:
- Запрещенными кодовыми словами
  - Разрешенными кодовыми словами
  - Синдромами для однократных ошибок
  - Векторами однократных ошибок
41. Кодовое расстояние линейного блочного кода можно определить по проверочной матрице кода как:
- Количество ненулевых столбцов
  - Максимальное количество линейно-независимых столбцов матрицы минус единица
  - Максимальное количество линейно-независимых столбцов матрицы
  - Максимальное количество линейно-независимых столбцов матрицы плюс единица
42. Величина взаимной информации по К. Шеннону определяется как логарифм отношения вероятностей:
- $P(x/y) / P(x)$
  - $P(x) / P(x/y)$
  - $P(x/y) / P(x,y)$
  - $P(x,y) / P(x)$

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. **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. Определение кодового расстояния по проверочной матрице.
2. **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.
3. **ЭКОНОМНЫЕ КОДЫ:** Собственная информация. Энтропия источника. Избыточность. Взаимная информация. Принципы векторного квантования источника. Коды Хаффмана, Шеннона-Фано и Лемпеля-Зива.
4. **ЧАСТОТНАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ СВЯЗИ:** 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.
5. 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.
  6. LDPC КОДЫ: Принцип построения проверочных матриц. Способ вычисления порождающей матрицы по проверочной. Принцип итеративного декодирования с мягкими решениями.
  7. 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.
  8. ФОРМИРУЮЩИЙ ФИЛЬТР. ЕГО 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 цифроаналогового преобразователя.
  9. СОГЛАСОВАННЫЙ ФИЛЬТР. ЕГО РОЛЬ: 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.
  10. ПРИНЦИПЫ СИНХРОНИЗАЦИИ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ: Когерентность при приеме и обработке сигнала. Восстановление несущей частоты. Петля Костаса. Восстановление тактовых импульсов. Детектор Гарднера.
  11. ПРИНЦИПЫ РАСШИРЕНИЯ СПЕКТРА СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ: Достоинства сигналов с расширенным спектром. Псевдослучайные последовательности (M-последовательности). Коды Голда.
  12. ПРИНЦИПЫ МОДУЛЯЦИИ OFDM: Иллюстрация недостатка частотного разделения каналов. Иллюстрация ортогональности несущих при выполнении операции дискретного преобразования Фурье (ДПФ). Необходимость циклического префикса для снижения вредного влияния многолучевости. Параметры модуляции OFDM в системах связи 4G LTE. Структурные схемы передатчика и приемника с OFDM.
  13. ПРИНЦИПЫ MIMO: Классификация MIMO: SISO (классический вариант), SIMO (разнесенный прием), MISO (разнесенная передача), SU-MIMO (однопользовательское пространственное уплотнение), MUMIMO (многопользовательское пространственное уплотнение). Структурные схемы MIMO согласно классификации.
  14. 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.
  15. СИГНАЛЬНО-КODOVЫЕ КОНСТРУКЦИИ: Иллюстрация выигрыша, даваемого сигнально-кодowymi конструкциями, на примерах

### 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.

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 9.2.

Таблица 9.2 – 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 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.



## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС  
протокол № 4 от «16» 11 2018 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                          | Инициалы, фамилия | Подпись  |
|------------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. ТОР    | С.И. Богомолов    | Согласовано,<br>645961f5-19ed-4d47-<br>a699-64d057f3100c |
| Заведующий обеспечивающей каф. РТС | С.В. Мелихов      | Согласовано,<br>385c9e7d-2407-461d-<br>8604-80cee7018227 |
| Начальник учебного управления      | Е.В. Саврук       | Согласовано,<br>fa63922b-1fce-4aba-<br>845d-9ce7670b004c |

### ЭКСПЕРТЫ:

|                                 |                  |  |
|---------------------------------|------------------|--|
| Старший преподаватель, каф. ТОР | Д.Ю. Пелявин     | Согласовано,<br>7cc8b64f-c195-4b19-<br>9449-1e0dda376c70 |
| Старший преподаватель, каф. РТС | Д.О. Ноздреватых | Согласовано,<br>bd0039b0-9c48-4859-<br>9803-60c9ddba7116 |

### РАЗРАБОТАНО:

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