**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Теория электрической связи

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **10.05.02 Информационная безопасность телекоммуникационных систем**
Направленность (профиль) / специализация: **Безопасность телекоммуникационных систем информационного взаимодействия**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РСС, Кафедра радиоэлектроники и систем связи**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2012 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 6 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 32 | 32 | часов |
| 2 | Практические занятия | 34 | 34 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 24 | 24 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 90 | 90 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 54 | 54 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 144 | 144 | часов |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 180 | 180 | часов |
| | | 5.0 | 5.0 | З.Е. |

Экзамен: 6 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 35594

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 11 от «26» 6 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 10.05.02 Информационная безопасность телекоммуникационных систем, утвержденного 16.11.2016 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

| | | |
|---|---|---|
| доцент кафедры РТС каф. РТС | _____ | А. С. Бернгардт |
| Заведующий обеспечивающей каф. РТС | _____ | С. В. Мелихов |

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

| | | |
|---|---|---|
| Декан РТФ | _____ | К. Ю. Попова |
| Заведующий выпускающей каф. РСС | _____ | А. В. Фатеев |

Эксперты:

| | | |
|---|---|---|
| Старший преподаватель кафедры радиоэлектроники и систем связи (РСС) | _____ | Ю. В. Зеленецкая |
| Доцент кафедры радиотехнических систем (РТС) | _____ | В. А. Громов |

Согласована на портале № 35594

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Дисциплина ТЭС относится к федеральному компоненту профессионального цикла (базовая часть) С3.Б.14 рабочего учебного плана подготовки специалистов.

Изучение рассматриваемой дисциплины направлено на формирование у студентов следующих профессиональных компетенций:

способностью понимать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности в области обеспечения информационной безопасности и защиты интересов личности, общества и государства, соблюдать нормы профессиональной этики (ОК-5);

способностью оценивать технические возможности и вырабатывать рекомендации по построению телекоммуникационных систем и сетей, их элементов и устройств (ПК-3).

### 1.2. Задачи дисциплины

– Для достижения указанной цели необходимо ознакомить студентов с основными принципами и методами современной статистической теории обработки сигналов, а именно: с методами вероятностного описания случайных процессов; корреляционной и спектральной теорией случайных процессов; методами синтеза оптимальных систем. На следующем этапе необходимо ознакомить студентов с основными технологиями электрической связи. В первую очередь, с важнейшими технологиями и системами беспроводного доступа, принципами их функционирования и методами оценки пропускной способности; влиянием многолучёвости каналов распространения на пропускную способностью беспроводных каналов; используемыми методами модуляции и помехоустойчивого кодирования; использованием пространственно-временных методов передачи; способами выравнивания характеристик канала; технологией модуляции на нескольких несущих; широкополосными системами передачи; технологиями мульти-плексирования каналов; сотовой организацией сетей связи. Вместе с тем задачей курса является формирование базовых знаний, умений и навыков в части применения метода статистического моделирования на ЭВМ при построении телекоммуникационных систем и сетей, их элементов и устройств. Учебным планом предусмотрены лекционные, лабораторные и практические занятия.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Теория электрической связи» (Б1.Б.29) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Аппаратные средства телекоммуникационных систем, Информационные технологии, Космические системы связи, Теоретические основы современных технологий беспроводной связи, Теория вероятностей и математическая статистика, Теория информации и кодирования, Теория радиотехнических сигналов.

Последующими дисциплинами являются: Кодирование в телекоммуникационных системах, Принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей, Сети и системы передачи информации, Системы радиосвязи и сети телерадиовещания, Статистическая теория телекоммуникационных систем.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОК-5 способностью понимать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности в области обеспечения информационной безопасности и защиты интересов личности, общества и государства, соблюдать нормы профессиональной этики;

– ПК-3 способностью оценивать технические возможности и вырабатывать рекомендации по построению телекоммуникационных систем и сетей, их элементов и устройств;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** основы теории функционирования инфокоммуникационных систем передачи информации; основные виды детерминированных и случайных сигналов, помех и каналов связи, уметь составлять их математические модели по типовым методикам и использовать их в расчетах;

Согласована на портале № 35594

знать и уметь применять на практике методы формирования, преобразования и обработки сигналов в инфокоммуникационных системах; принципы многоканальной передачи и распределения информации; обоснованно выбирать функциональные блоки систем и сетей связи с учетом требований электромагнитной совместимости, технологичности, удобства и надежности эксплуатации, экономической и спектральной эффективности;

– **уметь** использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач; применять на практике основные положения теории помехоустойчивости дискретных и аналоговых сообщений; пропускной способности дискретных и аналоговых кана-лов; пользоваться методами помехоустойчивого и статистического кодирования; осуществлять расчет или обоснованный выбор значений параметров функциональных блоков систем связи на основе результатов анализа требований к качеству предоставляемых услуг, стремясь к их технико-экономической оптимизации; быть готовым осваивать принципы работы, технические характеристики и конструктивные особенности используемого оборудования и средств передачи информации, осуществлять их техническую эксплуатацию.

– **владеть** специальной терминологией; методами расчета статистических и информационных характеристик сообщений, сигналов и их преобразований в инфокоммуникационных системах; методами расчета основных параметров устройств и систем передачи информации в типовых режимах; первичными навыками выбора функциональных блоков систем связи и их объединения для совместной работы при составлении проекта системы, его реализации и технической эксплуатации.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 6 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 90 | 90 |
| Лекции | 32 | 32 |
| Практические занятия | 34 | 34 |
| Лабораторные работы | 24 | 24 |
| Самостоятельная работа (всего) | 54 | 54 |
| Выполнение домашних заданий | 2 | 2 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 20 | 20 |
| Проработка лекционного материала | 15 | 15 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 17 | 17 |
| Всего (без экзамена) | 144 | 144 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость, ч | 180 | 180 |
| Зачетные Единицы | 5.0 | 5.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Согласована на портале № 35594

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины | Лек., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | | | | |
| 1 Введение | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | ОК-5, ПК-3 |
| 2 Математические модели сигналов и помех | 4 | 4 | 0 | 5 | 13 | ОК-5, ПК-3 |
| 3 Преобразования сигналов в каналах связи. Модуляция. | 5 | 6 | 12 | 15 | 38 | ОК-5, ПК-3 |
| 4 Кодирование источника | 4 | 5 | 0 | 9 | 18 | ПК-3 |
| 5 Кодирование канала | 6 | 6 | 12 | 13 | 37 | ОК-5, ПК-3 |
| 6 Демодуляция цифровых сигналов. | 5 | 6 | 0 | 4 | 15 | ОК-5, ПК-3 |
| 7 Многоканальная передача и многостанционный доступ. Широкополосная беспроводная связь. | 6 | 7 | 0 | 5 | 18 | ПК-3 |
| 8 Принципы распределения информации | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 | ОК-5, ПК-3 |
| Итого за семестр | 32 | 34 | 24 | 54 | 144 | |
| Итого | 32 | 34 | 24 | 54 | 144 | |

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

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

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины (по лекциям) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| 1 Введение | Исторический очерк развития систем и сетей связи. Идеи и персоны. | 1 | ОК-5, ПК-3 |
| | Итого | 1 | |
| 2 Математические модели сигналов и помех | Цифровые сигналы. Символ, алфавит, основание кода. Вероятностное описание последовательности символов. Примеры цифровых сигналов.Дискретные сигналы. Непрерывные сигналы. Основные параметры: длительность, ширина спектра и динамический диапазон. Белый шум. Узкополосный процесс. Примеры непрерывных сигналов.Аддитивные и мультипликативные помехи. Канал многолучевого распространения волн как фильтр со случайно изменяющимися параметрами.Методы аналитического и геометрического представления сигналов и помех. | 4 | ПК-3 |

Согласована на портале № 35594

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Итого | 4 | |
| 3 Преобразования сигналов в каналах связи. Модуляция. | Модель системы передачи информации. Кодирование и декодирование цифровых сигналов. Основные задачи кодирования. Аналого–цифровое и цифроаналоговое преобразования. Основные характеристики, шумы квантования. Модуляция гармонической несущей цифровым сигналом. Базовые методы модуляции. Многопозиционные методы модуляции. Векторное представление сигналов. Спектры модулированных сигналов, межсимвольная интерференция. Модуляция гармонической несущей непрерывным сигналом: Спектры модулированных сигналов и полоса частот, требуемая для передачи.Аналоговые, дискретные и цифровые каналы передачи сигналов.Последовательный и параллельный способы передачи. | 5 | ОК-5, ПК-3 |
| | Итого | 5 | |
| 4 Кодирование источника | Собственная информация, энтропия. Избыточность и ее роль. Кодирование в цифровых каналах без помех. Коды Шеннона–Фано, Хафмана, Лемпела–Зива.Цифровые каналы с помехами. Взаимная информация. Скорость создания и скорость передачи информации. Пропускная способность канала связи, определение. Пропускная способность двоичного симметричного канала. Теоремы Шеннона о кодировании в дискретном канале с помехами. Информация в непрерывных сигналах. Дифференциальная энтропия непрерывного отсчета. Условная дифференциальная энтропия. Пропускная способность непрерывного канала с аддитивным белым гауссовским шумом, формула Шеннона. Возможность обмена полосы пропускания на мощность сигнала. | 4 | ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Кодирование канала | Принципы помехоустойчивого кодирования. Корректирующие коды. Линейные блочные коды. Обнаружение и исправление ошибок. Кодовое расстояние. Порождающие и.проверочные матрицы. Коды Хемминга.Циклические коды. Порождающий полином. Способы кодирования и декодирования циклических кодов. Декодирование в системах с каналом переспроса. Системы с информационной и решающей обратной связью. Помехоустойчивость систем с обратной связью (ОС). Сверточные коды (СК). Структура и основные характеристики СК.Кодирование в каналах с памятью, перемежение символов.Комбинирование кодов, понятие об итеративных, каскадных и турбокодах. Сигнально – кодовые конструкции. | 6 | ОК-5, ПК-3 |
| | Итого | 6 | |
| 6 Демодуляция | Априорная информация о сигналах и помехах. Ко- | 5 | ОК-5, ПК- |

Согласована на портале № 35594

| | | | |
|---|---|---|---|
| цифровых сигналов. | герентные и некогерентные системы передачи информации.Постановка задачи об оптимальном демодуляторе (приемнике) цифровых сигналов. Критерии качества. Оптимальный прием в канале с постоянными параметрами при наличии аддитивного белого шума. Корреляционный приемник, согласованный фильтр.Сравнительная оценка помехоустойчивости АМ, ЧМ, ФМ сигналов. Относительная фазовая модуляция. Вероятность ошибки при приеме многопозиционных сигналов.Прием сигнала в условиях многолучевости. Разнесенный прием..Регенерация цифрового сигнала в ретрансляторах. | | 3 |
| | Итого | 5 | |
| 7 Многоканальная передача и многостанционный доступ. Широкополосная беспроводная связь. | Основные положения теории разделения сигналов в системах многоканальной связи Многостанционный доступ с частотным и временным методами разделения каналов. Структурные схемы многоканальных систем с ЧРК и ВРК, особенности формирования групповых сигналов и построения разделяющих устройств. Междуканальные помехи. Многостанционный доступ с кодовым разделением каналов. Принципы генерирования и свойства ортогональных и псевдослучайных (шумоподобных) последовательностей. Пропускная способность систем многоканальной связи. Влияние взаимных помех на пропускную способность канала.Основы технологии ортогонального частотного разделения каналов (OFDMA).Синхронизация в системах передачи информации. | 6 | ПК-3 |
| | Итого | 6 | |
| 8 Принципы распределения информации | Перспективы развития инфокоммуникационных систем. | 1 | ОК-5, ПК-3 |
| | Итого | 1 | |
| Итого за семестр | | 32 | |

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

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

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | | |
| 1 Аппаратные средства телекоммуникационных систем | | | + | + | + | + | + | + |
| 2 Информационные технологии | | + | + | + | + | + | + | |
| 3 Космические системы связи | | | + | + | + | + | + | |

Согласована на портале № 35594

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 Теоретические основы современных технологий беспроводной связи | | + | + | + | + | + | + | + |
| 5 Теория вероятностей и математическая статистика | + | + | | + | + | + | + | + |
| 6 Теория информации и кодирования | | + | | + | + | | | |
| 7 Теория радиотехнических сигналов | | + | + | | | | | |
| Последующие дисциплины | | | | | | | | |
| 1 Кодирование в телекоммуникационных системах | | + | | + | + | | | |
| 2 Принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей | | + | + | + | + | + | + | + |
| 3 Сети и системы передачи информации | | + | + | + | + | + | + | + |
| 4 Системы радиосвязи и сети телерадиовещания | | + | + | + | + | + | + | + |
| 5 Статистическая теория телекоммуникационных систем | | + | | + | + | + | | |

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

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

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ОК-5 | + | + | + | + | Контрольная работа, Домашнее задание, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест |
| ПК-3 | + | + | + | + | Контрольная работа, Домашнее задание, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Согласована на портале № 35594

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| 3 Преобразования сигналов в каналах связи. Модуляция. | Преобразователи непрерывных величин в цифровой код | 4 | ОК-5, ПК-3 |
| | Система связи с дельта-модуляцией | 4 | |
| | Спектры импульсно-модулированных сигналов | 4 | |
| | Итого | 12 | |
| 5 Кодирование канала | Коды с проверкой на четность. Циклические коды. | 4 | ОК-5, ПК-3 |
| | Сверточные коды | 4 | |
| | Ортогональные коды. | 4 | |
| | Итого | 12 | |
| Итого за семестр | | 24 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| 2 Математические модели сигналов и помех | Цифровые сигналы. Символ, алфавит, основание кода. Вероятностное описание последовательности символов. Примеры цифровых сигналов.Дискретные сигналы. Непрерывные сигналы. Основные параметры: длительность, ширина спектра и динамический диапазон. Белый шум. Узкополосный процесс. .Аддитивные и мультипликативные помехи. Методы аналитического и геометрического представления сигналов и помех. | 4 | ОК-5, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Преобразования сигналов в каналах связи. Модуляция. | Аналого–цифровое и цифроаналоговое преобразования. Основные характеристики, шумы квантования. Векторное представление сигналов. Модуляция гармонической несущей непрерывным сигналом. Модуляция гармонической несущей цифровым сигналом. Базовые методы модуляции. Многопозиционные методы модуляции. Спектры модулированных сигналов и полоса частот, требуемая для передачи. Межсимвольная интерференция. | 6 | ПК-3 |
| | Итого | 6 | |

Согласована на портале № 35594

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Кодирование источника | Собственная информация, энтропия. Избыточность и ее роль. Кодирование в цифровых каналах без помех. Коды Шеннона–Фано, Хафмана, Лемпела–Зива. Цифровые каналы с помехами. Взаимная информация. Скорость создания и скорость передачи информации. Пропускная способность канала связи, определение. Пропускная способность двоичного симметричного канала. Теоремы Шеннона о кодировании в дискретном канале с помехами. Информация в непрерывных сигналах. Дифференциальная энтропия непрерывного отсчета. Условная дифференциальная энтропия. Пропускная способность непрерывного канала с аддитивным белым гауссовским шумом, формула Шеннона. Возможность обмена полосы пропускания на мощность сигнала. | 5 | ПК-3 |
| | Итого | 5 | |
| 5 Кодирование канала | Принципы помехоустойчивого кодирования. Корректирующие коды. Линейные блочные коды. Обнаружение и исправление ошибок. Кодовое расстояние. Порождающие и.проверочные матрицы. Коды Хемминга. Циклические коды. Порождающий полином. Способы кодирования и декодирования циклических кодов. Декодирование в системах с каналом переспроса. Системы с информационной и решающей обратной связью. Помехоустойчивость систем с обратной связью (ОС). Сверточные коды (СК). Структура и основные характеристики СК. Кодирование в каналах с памятью, перемежение символов. Комбинирование кодов, понятие об итеративных, каскадных и турбокодах. Сигнально – кодовые конструкции. | 6 | ПК-3 |
| | Итого | 6 | |
| 6 Демодуляция цифровых сигналов. | Априорная информация о сигналах и помехах. Когерентные и некогерентные системы передачи информации. Синхронизация и фазирование. Оптимальный прием в канале с постоянными параметрами при наличии аддитивного белого шума. Корреляционный приемник, согласованный фильтр.- Сравнительная оценка помехоустойчивости АМ, ЧМ, ФМ сигналов. Относительная фазовая модуляция. Вероятность ошибки при приеме многопозиционных сигналов. Прием сигнала в условиях многолучевости. Разнесенный прием. Регенерация цифрового сигнала в ретрансляторах. | 6 | ПК-3 |
| | Итого | 6 | |
| 7 Многоканальная передача и многостанционный доступ. Широкополосная беспроводная связь. | Многостанционный доступ с частотным и временным методами разделения каналов. Структурные схемы многоканальных систем с ЧРК и ВРК, особенности формирования групповых сигналов и построения разделяющих устройств. Междуканальные помехи. Многостанционный доступ с кодо- | 7 | ПК-3 |

Согласована на портале № 35594

| | | | |
|---|---|---|---|
| | вым разделением каналов. Принципы генерирования и свойства ортогональных и псевдослучайных (шумоподобных) последовательностей. Пропускная способность систем многоканальной связи. Основы технологии ортогонального частотного разделения каналов (OFDMA). | | |
| | Итого | 7 | |
| Итого за семестр | | 34 | |

## 9. Самостоятельная работа

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

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | | |
| 1 Введение | Проработка лекционного материала | 1 | ОК-5, ПК-3 | Опрос на занятиях, Тест |
| | Итого | 1 | | |
| 2 Математические модели сигналов и помех | Проработка лекционного материала | 3 | ПК-3 | Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест, Экзамен |
| | Выполнение домашних заданий | 2 | | |
| | Итого | 5 | | |
| 3 Преобразования сигналов в каналах связи. Модуляция. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | ПК-3 | Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 3 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 3 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 3 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 3 | | |
| | Итого | 15 | | |
| 4 Кодирование источника | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-3 | Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 3 | | |

Согласована на портале № 35594

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Итого | 9 | | |
| 5 Кодирование канала | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | ПК-3 | Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 13 | | |
| 6 Демодуляция цифровых сигналов. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | ПК-3 | Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 7 Многоканальная передача и многостанционный доступ. Широкополосная беспроводная связь. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-3 | Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 5 | | |
| 8 Принципы распределения информации | Проработка лекционного материала | 2 | ОК-5, ПК-3 | Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест, Экзамен |
| | Итого | 2 | | |
| Итого за семестр | | 54 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 90 | | |

## 10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | | |
| Домашнее задание | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Контрольная работа | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Опрос на занятиях | 2 | 2 | 2 | 6 |

Согласована на портале № 35594

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Отчет по лабораторной работе | | 4 | 6 | 10 |
| Расчетная работа | 6 | 6 | 6 | 18 |
| Тест | 3 | 3 | 3 | 9 |
| Итого максимум за период | 20 | 24 | 26 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 20 | 44 | 70 | 100 |

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

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

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

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Теория электрической связи: Учебное пособие / Акулиничев Ю. П., Бернгардт А. . - 2015. 196 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/5858 (дата обращения: 03.07.2018).

### 12.2. Дополнительная литература

1. Волков Л. Н. Системы цифровой радиосвязи. Базовые методы и характеристики: Учебное пособие для вузов / Л. Н. Волков, М. С. Немировский, Ю. С. Шинаков. - М.: Эко-трендз, 2005. - 390 с.: (Библиотека МТС & GSM). (42 экз.) (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.)

2. Вернер М. Основы кодирования: Учебник для вузов: Пер. с нем. / М. Вернер; пер.: Д. К. Зигангиров. - М.: Техносфера, 2006. - 286 с. - (Мир программирования; VIII, 03). (49 экз.) (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.)

3. Радиосистемы передачи информации : Учебное пособие для вузов / В. А. Васин [и др.]; ред.: И. Б. Федоров, В. В. Калмыков. - М.: Горячая линия-Телеком, 2005, 471с., 50 экз. (наличие в

Согласована на портале № 35594

библиотеке ТУСУР - 50 экз.)

4. Крук Б.И., Попантонопуло В.Н., Шувалов В.П. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3 томах. Том 1 – Современные технологии/ Под ред. проф. В.П. Шувалова. – Изд. 3-е, испр. и доп. – М.: Горячая линия –Телеком 2005. – 648 с.: ил., 70 экз. (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.)

5. Акулиничев Ю.П., Дроздова В.И. Сборник задач по теории информации. – Томск: ТГУ, 1976. – 146 с., 113 экз. (наличие в библиотеке ТУСУР - 113 экз.)

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Теория электрической связи: Учебно - методическое пособие для проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов / Акулиничев Ю. П. - 2012. 202 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1758 (дата обращения: 03.07.2018).

2. Теория и техника передачи информации : Методические указания по проведению лабораторных работ и организации самостоятельной работы студентов / Новиков А. В., Бернгардт А. С. - 2015. 48 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/4978 (дата обращения: 03.07.2018).

3. ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВЯЗИ: Учебно - методическое пособие для проведения лабораторных работ и самостоятельной работы студентов по дисциплине «Теория электрической связи». / Акулиничев Ю. П. - 2015. 124 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/5860 (дата обращения: 03.07.2018).

4. Многоканальная цифровая система передачи информации: Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта расчетного задания, самостоятельной работы / Бернгардт А. С., Акулиничев Ю. П. - 2016. 41 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6583 (дата обращения: 03.07.2018).

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

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**

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

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

1. 1. Научно-образовательный портал ТУСУРа - http://edu.tusur.ru/
2. 2. Библиотека ТУСУРа - http://lib.tusur.ru/
3. 3. При изучении дисциплины рекомендуется использовать базы данных, информационно справочные и поисковые системы, к которым у ТУСУРа есть доступ https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

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

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

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

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством по-

Согласована на портале № 35594

садочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

**13.1.2. 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;
- 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
- Microsoft Windows 7 Pro
- OpenOffice
- PTC Mathcad13, 14
- Scilab

**13.1.3. 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
- Adobe Acrobat Reader
- Free Pascal Lazarus (версия 1.6)
- Google Chrome

Согласована на портале № 35594

### 13.1.4. 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.

Состав оборудования:

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

Перечень программного обеспечения:

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

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

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

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

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

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

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

## 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

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

### 14.1.1. Тестовые задания

1. Цифровой сигнал с основанием кода m это:

1) последовательность двоичных символов;

2) последовательность n непрерывных случайных величин – отсчетов случайного процесса по времени;

3) последовательность m-ичных символов длиной n;

4) последовательность отрезков случайного процесса.

Согласована на портале № 35594

2. При передаче двоичной последовательности по радиолинии наименьшая полоса потребуется при использовании:

1) АМ;
2) ФМ;
3) КАМ-4;
4) КАМ-16.

3. Чтобы увеличить корректирующую способность кода, нужно:

1) увеличить количество символов в кодовой комбинации;
2) уменьшить количество избыточных символов;
3) увеличить кодовое расстояние кода;
4) уменьшить кодовое расстояние и увеличить избыточность кода.

4. Кодовое расстояние кода численно равно:

1) расстоянию между двумя наиболее часто применяемыми кодовыми комбинациями;
2) количеству символов, в которых различаются две наиболее близкие друг к другу комбинации в кодовой таблице;
3) минимальному весу кодовой комбинации;
4) наиболее вероятному значению кратности возникающих ошибок

5. При проведении проверок на четность основной операцией является:

1) вычисление остатка от деления чисел;
2) мультиплексирование символов;
3) накопление символов;
4) суммирование символов по модулю 2.

6. Если при декодировании линейного блочного кода синдром оказался равным нулю, то можно гарантировать, что:

1) в принятой комбинации нет ошибок;
2) такая комбинация есть в кодовой таблице;
3) в принятой комбинации возможно наличие ошибок, но код способен их исправить;
4) принятая комбинация безнадежно искажена помехами.

7. Для полного вероятностного описания последовательности двоичных символов длиной n нужно задать:

1) плотность вероятности каждой из величин;
2) 2n - мерный ряд распределения вероятностей реализаций;
3) математическое ожидание и дисперсию;
4) совместную плотность вероятности.

8. Укажите стандартную частоту квантования во времени (отсчетов/с) телефонного сигнала.

1) 4 КГц;
2) 20 КГц;
3) 22 КГц;
4) 8КГц

9. Фильтрация аналогового сигнала с помощью ФНЧ перед дискретизацией по времени:

1) позволяет уменьшить шум дискретизации по времени;
2) позволяет увеличить шаг квантования по уровню;
3) позволяет увеличить шаг дискретизации по времени.
4) позволяет уменьшить шум квантования по уровню.

10. Восстановление непрерывного сигнала из последовательности осуществляется с помощью:

Согласована на портале № 35594

1) согласованного фильтра;
2) системы с фазовой автоподстройки частоты;
3) фильтра нижних частот с прямоугольной частотной характеристикой;
4) коррелятора.

11. Современные корректирующие коды ориентированы на обнаружение (исправление):
1) любых ошибок;
2) ошибок большой кратности;
3) ошибок малой кратности;
4) нетипичных ошибок.

12. В системах с переспросом код, применяемый в прямом канале, используется для:
1) исправления одиночных ошибок и обнаружения остальных;
2) исправления ошибок;
3) обнаружения ошибок;
4) передачи с минимальной избыточностью.

13. Среднее количество информации, приходящееся на один символ источника, это:
1) собственная информация;
2) энтропия источника;
3) пропускная способность;
4) избыточность источника

14. Энтропия 8-ричного источника с равномерным распределением вероятностей равна:
1) 8бит/символ;
2) 4 бита/символ;
3) 3 бита/символ;
4) 1бит/символ.

15. Избыточность в сообщении:
1) всегда приносит пользу;
2) всегда приносит вред;
3) иногда нужна для повышения помехоустойчивости;
4) нужна всегда, но в минимальном количестве.

16. Необходимое условие возможности линейного разделения канальных сигналов без взаимных помех в многоканальной СПИ:
1) сигналы должны быть аналоговыми;
2) сигналы должны быть линейно независимыми;
3) сигналы должны быть цифровыми;
4) 4) сигналы должны быть случайными

17. Для разделения каналов в системе с ЧРК используют:
1) набор N корреляционных приемников;
2) набор N полосовых фильтров;
3) фазовую автоподстройку частоты;
4) демультиплексор

18. Вероятность битовой ошибки на выходе оптимального демодулятора в двоичной когерентной СПИ при наличии аддитивного белого шума зависит лишь от:
1) величины разнесения несущих частот сигналов, соответствующих символам 0 и 1;
2) мощности шума на на входе;
3) отношения амплитуд полезного сигнала и шума на входе приемника;
4) отношения энергии разностного сигнала к спектральной плотности мощности шума;

Согласована на портале № 35594

19. Оптимальным демодулятором в двоичной когерентной СПИ при наличии аддитивного белого шума является:

1) когерентный накопитель импульсов;

2) фазовый детектор;

3) согласованный фильтр с квадратичным детектором;

4) корреляционный приемник и пороговое устройство.

20. При одинаковой средней мощности полезного сигнала наиболее часто при демодуляции ошибки возникают при использовании:

1) АМ;

2) ОФМ;

3) КАМ-16;

4) ЧМ.

21. Для разделения каналов в системе с ЧРК используют:

1) набор N корреляционных приемников;

2) набор N полосовых фильтров;

3) фазовую автоподстройку частоты;

4) демультиплексор.

22. Сеть называется синхронной, если:

1) в каждом узле проводится фазовая автоподстройка частоты несущей;

2) осуществляется передача тактовых импульсов из единого центра во все узлы сети;

3) во всех узлах проводится согласование скоростей входных цифровых потоков при их временном мультиплексировании;

4) совместно с информационными импульсами передаются импульсы тактовой синхронизации.

23. Синхронизация не требуется:

1) в многоканальных СПИ с временным разделением каналов;

2) в многоканальных СПИ с кодовым разделением каналов.

3) в многоканальных цифровых СПИ с частотным разделением каналов;

4) в многоканальных аналоговых СПИ с частотным разделением каналов.

24. Свойством сети с коммутацией пакетов является:

1) гарантируется пропускная способность для взаимодействующих абонентов;

2) трафик реального времени передается без задержки;

3) каждая порция данных снабжается адресом;

4) сеть может отказать абоненту в установлении соединения.

25. В плезиохронной цифровой сети связи является обязательным решение проблемы:

1) восстановления символов, стертых при демодуляции;

2) фазовой автоподстройки частоты несущей при радиосвязи;

3) обнаружения и исправления ошибок;

4) согласования скоростей входных цифровых потоков при их временном мультиплексировании.

### 14.1.2. Экзаменационные вопросы

1. Информация. Канал связи. Линия связи.

2. Дискретные и цифровые сигналы, их статистическое описание.

38. Код, алфавит кода, основание кода. Дискретный сигнал, как кодовая комбинация.

39. Аддитивные и мультипликативные помехи. Нормальный белый шум.

40. Методы аналитического и геометрического представления сигналов и помех. Энергии

Согласована на портале № 35594

сигналов и расстояние между ними, независимость и ортогональность сигналов.

41. Модель системы передачи информации.

42. Основная терминология в области цифровой связи.

43. Основные этапы преобразования сигнала в цифровых системах связи.

44. Дискретизация во времени непрерывного сигнала. Восстановление непрерывного сигнала из дискретного. Шум дискретизации.

45. Модуляция импульсной несущей непрерывным сигналом. АИМ, ШИМ, ВИМ, вид спектров.

46. АЦП и ЦАП. Основные характеристики, шум квантования, компандирование. Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ), основной цифровой сигнал.

47. Количество информации, единицы измерения, свойства. Собственная информа-ция, энтропия, избыточность.

48. Энтропия последовательности символов. Условная энтропия, удельная энтропия, избыточность и причины ее появления.

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

50. Информация в непрерывных сигналах. Дифференциальная энтропия непрерывно-го отсчета. Условная дифференциальная энтропия.

51. Пропускная способность дискретного канала связи, определение. Пропускная спо-собность двоичного симметричного канала. Пропускная способность непрерывно-го канала. Энергетическая и частотная эффективность.

52. Согласование канала с источником информации. Код, алфавит кода, основание кода. Классификация кодов. Кодирование источника. Теорема Шеннона для кана-ла без помех. Эффективные коды, принципы эффективного кодирования.

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

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

55. Сжатие информации. Алгоритм Лемпела –Зива.

56. Кодирование в канале с помехами. Прямая и обратная теоремы о кодировании. Основные принципы помехоустойчивого кодирования. Классификация кодов.

57. Линейные блочные коды. Геометрическое представление кода. Кодовое расстоя-ние, кратность обнаруживаемых и исправляемых ошибок.

58. Линейные блочные коды с однократной проверкой на четность. Синдромные и проверочные соотношения. Схема кодера и декодера

59. Линейные блочные коды с проверкой на четность. Производящая и проверочная матрицы. Приведение к каноническому виду. Определение кодового расстояния по матрицам G и H.

60. Код Хемминга. Свойства. Структура производящей и проверочной матриц. Си-стематический код Хэмминга (7,4). Кодер и декодер.

61. Неравенство Хэмминга. Его физический смысл и значение в теории кодирования.

62. Ортогональные и биортогональные коды. Матрица Адамара.

63. Циклические коды. Основные свойства. Полиномиальное представление, произ-водящий и проверочный полиномы. Требования к производящему полиному.

64. Циклические коды. Алгоритмы кодирования циклического кода, схема кодера си-стематического кода.

65. Алгоритм декодирования циклического кода, схема декодера циклического кода.

66. Циклические коды Хэмминга, коды БЧХ.

67. Сверточные коды. Основные свойства, производящие полиномы, пример кодера со скоростью кода 1/2.

68. Понятие о матричных, каскадных и турбокодах.

69. Использование канала переспроса. Виды обратной связи. Определение вероятно-стей ошибок при работе декодера в режиме обнаружения ошибок при независимых ошибках. Битовая вероятность ошибки.

70. Определение вероятностей ошибок при работе декодера в режиме исправления ошибок

Согласована на портале № 35594

при независимых ошибках. Битовая вероятность ошибки.

71. Модуляция гармонической несущей цифровым сигналом. АМ, ЧМ, ФМ, относи-тельная или дифференциальная ФМ (ОФМ). Причина ее применения.

72. Модуляция гармонической несущей аналоговым сигналом. АМ, ЧМ, ФМ, однопо-лосная АМ (АМОБП). Вид спектров модулированных сигналов и полоса частот, требуемая для передачи.

73. Многопозиционные методы модуляции и причины их применения.

74. Межсимвольная интерференция и методы ее устранения. Модуляция ортогональ-ных несущих цифровым сигналом (ортогональные частотно-разделенные сигналы, OFDM).

75. Компромиссы при использовании модуляции и кодирования, цели разработчика систем связи, характеристика вероятности появления ошибки, минимальная ши-рина полосы по Найквисту, теорема Шеннона-Хартли о пропускной способно-сти канала.

76. Перемежение (интерливинг) символов, цели и методы применения. Варианты по-строения перемежителей.

77. Скремблирование. Цели применения. Построение скремблера на базе рекурсивно-го цифрового фильтра.

78. Множественный доступ с частотным разделением каналов. Достоинства и недо-статки, междуканальные искажения.

79. Множественный доступ с временным разделением каналов. Достоинства и недо-статки, междуканальные искажения.

80. Множественный доступ с кодовым разделением каналов.

81. Расширение спектра. Прямое расширение (Метод прямой последовательности).

82. Расширение спектра. Методы программной скачкообразной перестройки частоты.

83. Ортогональное частотное уплотнение каналов (OFDMA)

84. Демодуляция цифровых сигналов. Корреляционный приемник и согласованный фильтр.

85. Демодуляция цифровых сигналов. Когерентность (синфазность). Когерентные, квазико-герентные и некогерентные системы. Синхронизация.

86. Прием сигналов в условиях многолучевости. Методы борьбы с многолучевостью.

87. Радиорелейные линии. Ретрансляция и регенерация сигналов.

### 14.1.3. Темы контрольных работ

1) Математическое описание сигналов и помех.
2) Кодирование источника.
3) Кодирование канала.
4) Ошибки при демодуляции. Регенерация цифрового сигнала

### 14.1.4. Темы опросов на занятиях

1. В чем смысл разнесённого приёма сигналов и какие виды разнесения вы знаете?

2. Что изменится, если при определении всех информационных понятий изменить основание логарифма? Повлияет ли это на основные результаты, которые даёт теория информации?

3. Каково назначение кодирования в канале без помех?

4. Чем хорош или плох источник информации, обладающий большой энтропией?

5. Можно ли при помощи взаимной информации измерять степень зависимости случайных величин и ? Если это так, то чем это лучше оценки степени зависимости при помощи коэффициента корреляции?

### 14.1.5. Темы домашних заданий

1) Дискретизация непрерывных сигналов, АЦП и ЦАП.
2) Линейные блочные коды, коды Хэмминга.
3) Циклические коды, коды БЧХ .
4) Скорость передачи информации. Пропускная способность канала.
5) Избыточность и кодирование в каналах без помех.
6) Демодуляция цифровых сигналов.
7) Многостанционный доступ.

Типовые задачиЖ

Согласована на портале № 35594

1. Студент может получить зачет с вероятностью 0,3, не проработав весь материал, и с вероятностью 0,9, проработав весь материал курса. Какое количество информации о подготовленности студента к зачету можно получить по данным о результатах сдачи зачета? В среднем 90% студентов готовы к сдаче зачета.

2. Погрешность фазометра распределена нормально со с.к.о. 3°. Найти количество информации, получаемой при измерении значения начальной фазы радиосигнала, если она может с одинаковой вероятностью принять любое значение.

3. Вычислить пропускную способность стандартного телефонного канала с полосой (0,3 – 3,4) кГц, если шум в канале белый гауссов, а для обеспечения требуемого качества приёма необходимо иметь дБ. Как изменится это отношение при той же производительности источника, если сузить полосу канала до 0,8 кГц?

4. Сообщение на выходе источника без памяти состоит из букв, принимающих значение A и B с вероятностями 0,7 и 0,3. Произвести кодирование по методу Шеннона-Фано от-дельных букв, двух- и трехбуквенных блоков. Сравнить коды по их эффективности.

5. Составить кодовую таблицу, определить кодовое рас¬стояние и вычислить минимальное значение избыточности 3-разрядного двоичного кода, удовлетворяющего требованиям:

а) код содержит максимальное количество кодовых слов;

б) код обнаруживает все однократные ошибки;

в) код исправляет все однократные ошибки.

Построить геометрические модели полученных кодов.

### 14.1.6. Темы расчетных работ

Темы расчетных работ:

1) Математическое описание сигналов и помех.

2) Кодирование источника.

3) Кодирование канала.

4) Ошибки при демодуляции. Регенерация цифрового сигнала.

Типовой пример расчетной работы:

Расчетная работа 4, дата сдачи :xxx

Каждую из работ представить в виде отдельной брошюры. Все расчеты сопровождать подробными пояснениями вплоть до подстановки численных значений. После завершения всех вычислений по каждой из задач результаты округляются до двух знаков после десятичной точки и приводятся в виде таблицы в том же порядке, как они даны в задании. Последнее (дополнительное) значение в таблице ответов – это сумма S всех приведенных в ней значений (контрольная сумма).

1) Номер варианта работы равен номеру N студента в списке группы.

2) Файл в формате Word 2003 с именем “Фамилия-Группа-Номер работы” направлять по адресу: xxx@mail.ru. Использовать подтверждение об открытии сообщения. Возможно представление твердой копии.

3) Оформление в соответствии со стандартом ТУСУР. Обязательны ссылки на источники, в т. ч. студенческие.

4) Баллы по работам, представленным позже 24 час указанной даты, начисляются в половинном размере.

5) Работы, содержащие признаки копирования, даже с подстановкой собственных данных, рассматриваться не будут.

Задача 1

1) Битовая вероятность ошибки при передаче цифрового сигнала

Источник информации создает цифровой поток B мегабит в секунду. На вход ра-диолинии с выхода передатчика подается последовательность двоичных радиоимпульсов, модулированных по закону M (M=1 для AM, M=2 для ЧМ с ортогональными сигналами, M=3 для ФМ). Задана требуемая вероятность битовой ошибки Рош на выходе опти-мального когерентного демодулятора Рош и величина ослабления в линии F. На входе приемника присутствует аддитивный белый гауссовский шум со спектральной плотно-стью No.

Определить требуемую среднюю мощность W передаваемых сигналов обоих видов (0 и 1) без использования корректирующего кода (W1), при использовании (n,k)-кода Хэмминга в режиме

Согласована на портале № 35594

исправления ошибки (W2) и в режиме обнаружения ошибки (W3). Определить в каждом из режимов вероятность битовой ошибки на выходе линии связи (декодера) (РБ1, РБ2, РБ3). При расчетах считать, что вероятность ошибки в канале переспроса (режим обнаружения ошибки) пренебрежимо мала по сравнению с вероятностью появления искаженной комбинации на выходе декодера.

Примечания:

1) 1пВт=10-12 Вт.

2) При вычислении отношения сигнал/шум необходимо учитывать, что длительность передаваемых импульсов должна уменьшаться при увеличении избыточности, чтобы обеспечить заданную скорость передачи В информационных символов.

Задача 2

1) Регенерация цифрового сигнала при передаче на большие расстояния

На кабельной линии, содержащей n регенерационных участков, регенерация двоичных импульсов в полном смысле этого слова проводится лишь в обслуживаемых регенерационных пунктах (ОРП), размещенных на каждом m-м участке. На остальных участках размещены необслуживаемые регенерационные пункты (НРП), в которых входной сигнал лишь усиливается. Определить вероятность ошибки при демодуляции сигнала на выходе некогерентной линии Рош, если при n=1 эта величина известна [1].

Найти отношение сигнал/шум q1, которое потребовалось бы для обеспечения той же вероятности ошибки Рош на выходе линии для двух случаев:

1) все регенераторы – это НРП (qНРП, дБ);

2) все регенераторы – это ОРП (qОРП, дБ).

### 14.1.7. Темы лабораторных работ

Спектры импульсно-модулированных сигналов.

Преобразователи непрерывных величин в цифровой код.

Система связи с дельта-модуляцией.

Коды с проверкой на четность Циклические коды.

Сверточные коды.

Ортогональные коды.

### 14.1.8. Методические рекомендации

Основная рекомендация сводится к обеспечению равномерной активной работы студентов над курсом в течение учебного семестра.

При изучении курса следует стараться понять то общее, что объединяет рассматри-ваемые вопросы. В частности, ключевым является понятие случайного процесса и его ве-роятностное описание.

Лекционные занятия рекомендуется проводить с применением демонстрационного материала, например, с демонстрацией презентаций

Практические занятия и лабораторные работы также желательно проводить с использованием имеющихся на кафедре демонстрационных материалов. Используя имеющиеся оригинальные программы, ряд задач можно выполнять дома. В этом случае в аудитории основное внимание концентрируется на методике использования указанных программ.

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

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

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

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями | Собеседование по вопросам к зачету, | Преимущественно устная проверка |

Согласована на портале № 35594

| | | |
|---|---|---|
| зрения | опрос по терминам | (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

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

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

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

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

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

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**

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

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

Согласована на портале № 35594