




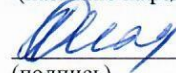
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

  
(подпись) Стаценко Л.Г.  
(Ф.И.О. рук. ОП) « 28 » 06 2017 г.

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующий (ая) кафедрой  
Кафедра электроники и средств связи  
(название кафедры)

  
(подпись) Стаценко Л.Г.  
(Ф.И.О. зав. каф.) « 28 » 06 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Теоретические основы связи

**Направление подготовки**

**11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

Форма подготовки очная/заочная

курс 2, 3 семестр 4, 5 / 2,3 курс  
лекции 54/10 час.  
практические занятия 72/14 час.  
лабораторные работы 36/8 час.  
в том числе с использованием МАО лек. 0, пр. 72/14, лаб. 32/8 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 252/252 час.  
в том числе с использованием МАО 104/22 час.  
самостоятельная работа 100/220 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 54/18 час.  
контрольные работы (количество) – не предусмотрено учебным планом  
курсовая работа / курсовой проект 5 семестр/3 курс  
экзамен 4,5 семестр / 2,3 курс

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования Дальневосточного федерального университета, принятого решением Ученого совета ДВФУ, протокол от 25.02.2016 № 02-16, введен в действие приказом ректора ДВФУ от 10.03.2016 № 12-13-391

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроники и средств связи, протокол №19 от «28» июня 2017г.

Заведующая кафедрой Стаценко Л.Г. профессор каф. ЭиСС, д.ф.-м.н.  
Составитель (ли): к.ф.-м.н, доцент Родионов Александр Юрьевич


**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « 10 » 07 2018 г. № 16

Заведующий кафедрой  (подпись) И.Г. Стаценко (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

**Bachelor's degree in:** 11.03.02 «Infocommunication technology and communication systems»

**Study profile:** «Communication and radio-access systems»

**Course title:** The Theoretical Fundamentals of Communications

**Variable part of Block 1, 7 credits**

**Instructor:** Alexander Ju. Rodionov

**At the beginning of the course a student should be able to:**

- plan and perform a self-evaluation of self-guided work;
- generalize the results of their activities and present it using modern technologies;
- use different sources of information: books, articles, proceedings, state and international standards, dictionaries, internet resources, etc.;
- search, analyze, select, organize, convert, store and transmit necessary information;
- use telecommunication technologies for communication with remote interlocutors;
- work in a groups and reach compromises;

**Learning outcomes:**

SPC-5 - ability to conduct work on managing traffic flows on the network.

**Course description:**

The contents of discipline covers the formation of students' ideas about the properties of various useful signals and interference, the principles of their mathematical description, the properties of physical systems that perform the role of radio circuits, methods for analyzing signals in radio engineering circuits, methods for controlling the main types of circuits and techniques for the synthesis of radio circuits with specified properties.

**Main course literature:** (*список основной литературы*)

1. Klyuev L. L., Chernaya I. I. Theory of electric communication. - 2015.  
<http://znanium.com/bookread2.php?book=525236>

2. Guzikowski V. I. Digital signal processing //Moscow: Solon-Press. - 2013.  
<http://znanium.com/bookread2.php?book=883840>

3. Pershin V. T. formation and generation of digital radio signals: educational and methodical manual. 2 h H 2. - 2016.  
<http://znanium.com/bookread2.php?book=405030>

4. A. Y. Rodionov. Theory of electrical communication: teaching aid; far Eastern state technical University. Vladivostok: publishing House of the far Eastern technical University, 2007.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:384991&theme=FEFU> (109 copies.)

**Form of final control:** *exam, credit.*

## Аннотация к рабочей программе дисциплины «Теоретические основы связи»

«Теоретические основы связи» входит в вариативную часть профессиональных дисциплин направления обучения 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», профиль «Системы радиосвязи и радиодоступа». **Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 252/252 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (54/10 час.), практические занятия (72/14 час.), лабораторные работы (36/8 час.), самостоятельная работа студента (36/202 час.), подготовка к экзамену (54/18 час.). Данная дисциплина входит в вариативную часть блока обязательных дисциплин. Дисциплина реализуется на 2 и 3 курсах в 4 и 5 семестрах соответственно для очной формы обучения и с 3 по 6 семестр для заочной формы.**

К исходным требованиям, необходимым для изучения дисциплины «Теоретические основы связи», относятся знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин «История отрасли», «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Физика», «Электроника» и «Теория электрических цепей».

Знания, умения и навыки, приобретенные в курсе «Теоретические основы связи» являются важнейшей основой для изучения всех последующих радиотехнических дисциплин, в частности, курсов «Радиоприёмные устройства систем радиосвязи» и «Телевидение и видеотехника».

**Цель:** изучение свойств разнообразных полезных сигналов и помех, а также принципов их математического описания, свойств физических систем, выполняющих роль радиотехнических цепей, методов анализа преобразований сигналов в радиотехнических цепях, способов построения основных видов цепей и приёмов синтеза радиотехнических цепей с заданными свойствами.

### **Задачи:**

- знакомство с основными характеристиками и принципами математического описания сигналов и помех, а также методом преобразования сигналов в радиотехнических цепях;
- проведение практических занятий и лабораторных работ для закрепления пройденного материала;
- Для успешного изучения дисциплины «Теоретические основы связи» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:
  - ОПК-2: способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с

применением инфокоммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;

- ОПК-4: иметь навыки самостоятельной работы на компьютере и в компьютерных сетях, осуществлять компьютерное моделирование устройств, систем и процессов с использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ;

- ПК-16: готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований;

- ПК-17: способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-5 – способностью проводить работы по управлению потоками трафика на сети	Знает	принципы работы систем цифровой передачи информации в сетях электросвязи, включая системы PDH и SDH; принципы организации систем мониторинга и управления трафиком; принципы составления уравнений динамики распределения вероятностей очереди и загрузки серверов систем массового обслуживания марковского типа; принципы компьютерного моделирования систем массового обслуживания, управления потоками трафика в сети связи
	Умеет	проводить анализ потоков передаваемых данных с целью оптимизации пропускной способности; решать задачи определения вероятностей стационарного режима и сопутствующие параметры системы массового обслуживания; проводить компьютерную симуляцию сети систем массового обслуживания с расчетом требуемых характеристик; проводить работы по управлению потоками в сети связи
	Владеет	умением проводить исследования характеристик в сетях передачи данных, в том числе с применением универсальные пакетов программ компьютерного моделирования; основными понятиями и методами теории телетрафика; способностью обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений; способностью проводить работы по управлению потоками в сети связи

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Теоретические основы связи» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: проблемная лекция, дискуссия, денотатный граф.

# **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

**Раздел I. Основы общей теории радиотехнических сигналов и спектров (8 час.)**

**Тема 1. Введение в дисциплину. Классификация и способы представления сигналов (2 час.)**

Цели и задачи курса. Связь с другими дисциплинами учебного плана. Классификация радиотехнических сигналов. Динамическое представление сигналов: основной принцип, функция Хевисайда, функция Дирака. Геометрические методы в теории сигналов. Теория ортогональных сигналов. Функции Уолша.

**Тема 2. Спектральные представления сигналов (4 час.)**

Периодические сигналы. Ряды Фурье. Спектральные диаграммы сигналов. Прямое и обратное преобразование Фурье и их свойства. Спектральные плотности сигналов. Преобразование Лапласа и его свойства.

**Тема 3. Энергетические спектры и принципы корреляционного анализа (2 час.)**

Взаимная спектральная плотность сигналов. Энергетический спектр.

Корреляционный анализ. Автокорреляционная функция (АКФ) детерминированных и дискретных сигналов. Сигналы (коды) Баркера. Взаимокорреляционная функция двух сигналов.

**Раздел II. Модулированные сигналы (8 час.)**

**Тема 1. Сигналы с амплитудной модуляцией (4 час.)**

Понятие и предназначение модуляции. Роль модуляции в радиосвязи. Принцип амплитудной модуляции (АМ). Спектр АМ-сигнала. Однотональная АМ. Амплитудная манипуляция (ASK). Балансная АМ (DSB-SC). Однополосная АМ (SSB).

**Тема 2. Сигналы с угловой модуляцией (2 час.)**

Виды угловой модуляции. Принцип частотной (ЧМ; FM) и фазовой модуляции (ФМ; PM). Девиация фазы и девиация частоты. Спектральное

разложение модулированных сигналов. Угловая модуляция при негармоническом модулирующем сигнале.

### **Тема 3. Сигналы с внутриимпульсной частотной модуляцией (1 час)**

Понятие и принцип линейной частотной модуляции (ЛЧМ). Спектр ЛЧМ сигнала. Понятие базы сигнала. Автокорреляционная функция ЛЧМ-сигнала.

### **Тема 4. Сигналы для стереофонии (1 час)**

Понятие и предназначение полярной модуляции. Использование поднесущей частоты. Пилот-тон.

## **Раздел III. Сигналы с ограниченным спектром (5 час.)**

### **Тема 1. Некоторые математические модели сигналов с ограниченным спектром (1 час)**

Понятие сигнала с ограниченным спектром. Идеальный низкочастотный сигнал. Идеальный полосовой сигнал. Оценка параметров сигналов с ограниченным спектром. Ортогональные сигналы с ограниченным спектром.

### **Тема 2. Теорема Котельникова (2 час.)**

Построение ортонормированного базиса. Ряд Котельникова. Формулировка теоремы Котельникова. Аппаратурная реализация синтеза сигнала, представленного рядом Котельникова. Оценка ошибки, возникающей при аппроксимации сигнала рядом Котельникова. Размерность пространства сигналов, ограниченных по спектры и по длительности.

### **Тема 3. Узкополосные сигналы (2 час.)**

Понятие и математическая модель узкополосного сигнала. Комплексное представление узкополосных сигналов. Физическая огибающая, полная фаза и мгновенная частота. Свойства физической огибающей. Связь между спектрами сигнала и его комплексной огибающей.

## **Раздел IV. Корреляционная теория случайных процессов (5 час.)**

### **Тема 1. Введение в статистическую радиотехнику. Основы теории случайных процессов (2 час.)**



Статистическая радиотехника как наука. Понятие случайного процесса. Ансамбли реализаций. Плотности вероятности случайных процессов. Моментальные функции случайных процессов. Функция корреляции. Стационарные случайные процессы. Свойство эргодичности. Измерение характеристик случайных процессов. Взаимная функция корреляции двух случайных процессов. Стационарные гауссовы случайные процессы. Марковские процессы.

## **Тема 2. Спектральные представления стационарных случайных процессов (1 час.)**

Спектральные плотности реализаций и их свойства. Спектральная плотность мощности стационарного случайного процесса (теорема Винера–Хинчина). Интервал корреляции. Эффективная ширина спектра. Белый шум.

## **Тема 3. Математические операции над случайными процессами (1 час)**

Вероятностная трактовка сходимости и непрерывности. Производная от случайного процесса и её спектральная плотность мощности. Интеграл от случайного процесса. Выбросы случайных процессов. Квазичастота случайного процесса.

## **Тема 4. Узкополосные случайные процессы (1 час.)**

Функция корреляции узкополосного случайного процесса. Статистические свойства сопряжённого процесса. Совместная плотность вероятности огибающей и начальной фазы. Одномерная и двумерная плотность вероятности огибающей. Огибающая суммы гармонического сигнала и узкополосного шума.

## **Раздел V. Воздействие детерминированных сигналов на линейные стационарные системы (8 час.)**

### **Тема 1. Физические системы, их математические модели и характеристики (2 час.)**

Понятие линейной стационарной системы и её свойства. Сосредоточенные и распределённые системы. Импульсная характеристика

системы. Интеграл Дюамеля. Переходная характеристика. Частотный коэффициент передачи. Амплитудно-частотная (АЧХ) и фазочастотная (ФЧХ) характеристики. Условия физической реализуемости. Критерий Пэли–Винера.

### **Тема 2. Линейные динамические системы (2 час.)**

Понятие линейной динамической системы. Описание систем дифференциальными уравнениями. Устойчивость динамических систем.

### **Тема 3. Спектральный метод анализа сигналов в линейных стационарных системах (2 час.)**

Вычисление импульсных характеристик. Вычисление сигнала на выходе системы. Дифференцирующие и интегрирующие цепи. Геометрическая интерпретация процесса преобразования сигнала в линейной системе.

### **Тема 4. Операторный метод анализа сигналов в линейных стационарных системах (2 час.)**

Решение дифференциальных уравнений операторным методом. Понятие и свойства передаточной функции. Формула обращения. Примеры нахождения сигналов операторным методом.

## **Раздел VI. Воздействие случайных сигналов на линейные стационарные системы (2 час.)**

### **Тема 1. Спектральный метод анализа воздействия сигналов на линейные стационарные цепи (1 час.)**

Среднее значение выходного сигнала. Функция корреляции и спектральная плотность мощности случайного сигнала на выходе системы. Прохождение случайных сигналов в широком спектре через узкополосные цепи. Шумовая полоса.

### **Тема 2. Источники флуктуационных шумов в радиотехнических устройствах (1 час.)**

Тепловые шумы резисторов. Формула Найквиста. Шумы приёмных антенн. Дробовой шум. Формула Шоттки. Коэффициент шума четырёхполюсника.

## **Раздел VII. Элементы теории синтеза линейных частотных фильтров (7 час.)**

### **Тема 1. Аналитические свойства входного сопротивления пассивного двухполюсника (1 час)**

Расположение нулей и полюсов. Теорема о числе нулей и полюсов. Связь между вещественной и мнимой частью входного сопротивления. Входное сопротивление реактивных двухполюсников.

### **Тема 2. Синтез пассивных двухполюсников (1 час)**

Основная идея синтеза. Синтез реактивных двухполюсников. Двухполюсник Фостера. Двухполюсник Кауэра.

### **Тема 3. Частотные характеристики четырёхполюсников (1 час.)**

Матричное описание. Передаточная функция четырёхполюсника. Расположение нулей и полюсов передаточной функции. Коэффициент передачи мощности. Этапы синтеза частотно-избирательных четырёхполюсников.

### **Тема 4. Фильтры нижних частот (2 час.)**

Понятие фильтра нижних частот (ФНЧ). Максимально-плоская (Баттерворта) аппроксимация. Передаточная функция фильтра Баттерворта. Чебышевская аппроксимация. Передаточная функция фильтра Чебышева.

### **Тема 5. Реализация фильтров (2 час.)**

Понятие структурного синтеза фильтров. Звенья 1-го и 2-го порядков. Реализация фильтров верхних частот (ФВЧ). Реализация полосовых фильтров (ПФ).

## **Раздел VIII. Активные цепи с обратной связью (4 час.)**

### **Тема 1. Передаточная функция линейной системы с обратной связью (1 час.)**

Понятие цепи с обратной связью. Вывод основного соотношения. Отрицательная и положительная обратная связь. Стабилизация коэффициента усиления. Подавление паразитных сигналов. Коррекция частотной характеристики.

### **Тема 2. Устойчивость цепей с обратной связью (1 час)**

Постановка задачи. Алгебраический критерий устойчивости (критерий Рауса–Гурвица). Геометрические критерии устойчивости.

### **Тема 3. Активные RC-фильтры (2 час.)**

Понятие активного элемента. Операционный усилитель. Устойчивость систем с операционными усилителями. Активные RC-фильтры с однопетлевой обратной связью. Активные RC-фильтры с двухпетлевой обратной связью. Синтез активного ФНЧ 2-го порядка.

## **Раздел IX. Дискретные сигналы и принципы цифровой фильтрации (7 час.)**

### **Тема 1. Модели дискретных сигналов (1 час)**

Дискретизирующая последовательность. Модулированные импульсные последовательности. Спектральная плотность модулированной импульсной последовательности. Восстановление непрерывного сигнала по модулированной импульсной последовательности.

### **Тема 2. Дискретизация периодических сигналов (1 час.)**

Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Восстановление исходного сигнала по ДПФ. Обратное ДПФ. Геометрическая трактовка ДПФ. Быстрое преобразование Фурье (БПФ).

### **Тема 3. Теория z-преобразования (1 час)**

Определение z-преобразования и его свойства. z-преобразование непрерывных функций. Обратное z-преобразование. Связь с преобразованиями Лапласа и Фурье

### **Тема 4. Цифровые фильтры (1 час)**

Принцип цифровой обработки сигналов. Квантование сигналов в цифровых фильтрах. Алгоритм линейной цифровой фильтрации. Частотный коэффициент передачи цифрового фильтра. Системная функция цифрового фильтра.

### **Тема 5. Реализация алгоритмов цифровой фильтрации (1 час.)**

Трансверсальные цифровые фильтры. Импульсная и частотная характеристики цифрового фильтра. Рекурсивные ЦФ. Критерии устойчивости рекурсивных ЦФ.

#### **Тема 6. Синтез линейных цифровых фильтров (2 час.)**

Метод инвариантных импульсных характеристик. Сравнение трансверсальных и рекурсивных ЦФ. Метод инвариантных частотных характеристик. Билинейное преобразование. Связь между частотными переменными аналогового и цифрового фильтра. Влияние квантования сигнала на работу цифрового фильтра. Шумы квантования.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (72 час.)**

#### **Занятие 1. Способы представления сигналов (2 час.)**

1. Методы записи аналитических выражений и математических моделей сигналов
2. Поиск динамических представлений сигналов
3. Вычисление энергии сигналов
4. Нахождение скалярного произведения сигналов

#### **Занятие 2. Спектральные представления сигналов (2 час.)**

1. Представление сигналов рядами Фурье
2. Нахождение спектральной плотности сигналов
3. Преобразование Лапласа некоторых сигналов

#### **Занятие 3. Энергетические спектры и принципы корреляционного анализа (2 час)**

1. Нахождение и построение энергетических спектров некоторых сигналов

2. Нахождение автокорреляционных функций (АКФ) видео- и радиоимпульсов

3. Дискретную АКФ последовательности импульсов

4. Исследовать сигналы Баркера

5. Найти взаимокорреляционную (ВКФ) функцию двух сигналов

#### **Занятие 4. Сигналы с амплитудной модуляцией (4 час.)**

1. Построение векторных диаграмм АМ-сигналов

2. Оценка числа вещательных каналов в заданных диапазонах частот при амплитудной модуляции

3. Построение спектральных диаграмм АМ-сигналов

4. Поиск формулы для расчёта коэффициента модуляции по осциллограмме модулированного сигнала

5. Решение прочих задач об амплитудной модуляции

#### **Занятие 5. Сигналы с угловой модуляцией (2 час.)**

1. Нахождение величины мгновенной частоты заданных сигналов

2. Нахождение спектров ЧМ- и ФМ-сигналов

3. Нахождение девиации фазы ФМ-сигналов

#### **Занятие 6. Сигналы с линейной частотной модуляцией и сигналы для стереофонии (2 час.)**

1. Нахождение частоты ЛЧМ-сигнала

2. Нахождение базы ЛЧМ-сигнала

3. Вычисление энергии ЛЧМ-импульсов

4. Нахождение частоты поднесущей полярно модулированного колебания

5. Нахождение частот всех спектральных составляющих полярно модулированного колебания

### **Занятие 7. Сигналы с ограниченным спектром. Ряд Котельникова (2 час)**

1. Представление сигналов с ограниченным спектром в виде суммы идеальных низкочастотных сигналов
2. Определение минимальных временных интервалов между отсчётами некоторого сигнала, необходимых для неискажённого воспроизведения.
3. Нахождение нормы сигнала с ограниченным спектром
4. Разложение сигналов в ряд Котельникова

### **Занятие 8. Узкополосные сигналы. Комплексная огибающая (2 час.)**

1. Получение выражений комплексных огибающих для заданных сигналов
2. Нахождение синфазных и квадратурных амплитуд сигнала
3. Нахождение минимального и максимального значений мгновенной частоты ОБП-сигнала

### **Занятие 9. Введение в статистическую радиотехнику (2 час.)**

1. Решение простейших задач на вероятность
2. Построение графиков функций распределения
3. Нахождение моментов случайных величин
4. Нахождение плотности вероятности

### **Занятие 10. Функция корреляции и спектр мощности (2 час.)**

1. Нахождение функций корреляции случайных процессов
2. Рассмотрение эргодических и неэргодических процессов
3. Нахождение спектра мощности случайных процессов

### **Занятие 11. Узкополосные случайные процессы (2 час.)**

1. Нахождение вероятности превышения случайным процессом определённых значений

2. Нахождение функции корреляции огибающей узкополосного случайного процесса

3. Нахождение значений дисперсии и средних значений напряжения случайных процессов

### **Занятие 12. Передаточная функция и частотный коэффициент передачи цепи (4 час.)**

1. Нахождение передаточной функции заданных цепей
2. Нахождение частотного коэффициента передачи заданных цепей
3. Нахождение координат нулей и полюсов передаточной функции
4. Рассмотрение вопросов физической реализуемости частотно-избирательных цепей

### **Занятие 13. Импульсная и переходная характеристики (4 час.)**

1. Нахождение и построение графиков импульсных характеристик заданных цепей
2. Нахождение импульсной характеристики из частотного коэффициента передачи
3. Нахождение и построение графиков переходных характеристик заданных цепей

### **Занятие 14. Интеграл Дюамеля. Преобразование Лапласа (2 час.)**

1. Нахождение сигналов на выходе заданных частотно-избирательных цепей по известным импульсным характеристикам
2. Нахождение переходных характеристик цепей при помощи преобразования Лапласа

### **Занятие 15. Спектр мощности и функция корреляции случайного сигнала на выходе линейной системы (2 час.)**

1. Нахождение функций корреляции случайных процессов на выходе линейных цепей



2. Нахождение взаимокорреляционной функции случайных процессов в линейной системе

3. Расчёт шумовых полос линейных цепей

### **Занятие 16. Источники шума в радиотехнических цепях (2 час.)**

1. Нахождение эффективных значений напряжения шумовых сигналов на выходе устройств

2. Расчёт дробового и теплового шума в цепях

3. Нахождение дисперсии шумов в устройствах

### **Занятие 17. Синтез пассивных двухполюсников (2 час.)**

1. Синтез двухполюсников по заданным входным сопротивлениям

2. Синтез двухполюсников Кауэра

3. Синтез двухполюсников Фостера

### **Занятие 18. Синтез фильтров нижних частот (4 час.)**

1. Нахождение передаточной функции фильтра по заданному коэффициенту передачи мощности

2. Анализ прохождения сигналов через фильтры с известными параметрами

3. Нахождение передаточной функции фильтров Баттерворта и Чебышева

4. Нахождение координат нулей и полюсов фильтров Чебышева и Баттерворта

### **Занятие 19. Цепи и системы с обратной связью (2 час.)**

1. Нахождение передаточных функций активных фильтров

2. Решение задач про системы с обратной связью

### **Занятие 20. Устойчивость цепей с обратной связью (2 час.)**

1. Исследование цепей с обратной связью на устойчивость

2. Определение критических значений коэффициента усиления
3. Исследование зависимости устойчивости системы от коэффициента усиления

### **Занятие 21. Синтез активных фильтров (4 час.)**

1. Сравнение активных и пассивных фильтров
2. Построение активных RC-фильтров с однопетлевой обратной связью
3. Синтез активного ФНЧ 2-го порядка

### **Занятие 22. Спектры дискретных сигналов. Дискретное преобразование Фурье (4 час.)**

1. Вычисление спектральной плотности импульсных последовательностей
2. Расчёт периода дискретизации, соответствующего теореме Котельникова
3. Вычисление коэффициентов ДПФ некоторого дискретного сигнала
4. Восстановление аналогового сигнала по коэффициентам ДПФ

### **Занятие 23. Теория z-преобразования. Дискретная свёртка (4 час.)**

1. Получение z-преобразования дискретных сигналов
2. Нахождение общих членов последовательности по заданным z-преобразованиям
3. Нахождение дискретных сигналов по заданным z-преобразованиям
4. Нахождение свёртки дискретных сигналов

### **Занятие 24. Линейные стационарные цифровые фильтры (4 час.)**

1. Нахождение системной функции, импульсной характеристики и частотного коэффициента передачи цифрового фильтра по заданному закону выходной последовательности
2. Вычисление импульсной характеристики ЦФ по его системной функции

3. Нахождение величины шага квантования, а также расчёт дисперсии шумов квантования

4. Реализация цифрового фильтра по заданной системной функции

### **Занятие 25. Выделение полезного сигнала с помощью линейного частотного фильтра (2 час.)**

1. Нахождение соотношения сигнал/шум на входе фильтра

2. Нахождение соотношения сигнал/шум на выходе фильтра

3. Исследование влияния частотного коэффициента передачи фильтра на отношение сигнал/шум

### **Занятие 26. Оптимальная линейная фильтрация сигналов известной формы (2 час.)**

1. Исследование согласованных фильтров

2. Прохождение суммы сигнала и шума через согласованный фильтр

3. Согласованный фильтр как коррелятор

### **Занятие 27. Реализация согласованных фильтров (2 час.)**

1. Анализ согласованного фильтра для прямоугольного видеоимпульса

2. Анализ согласованного фильтра для пачки одинаковых видеоимпульсов

3. Анализа согласованного фильтра для прямоугольного радиоимпульса

4. Анализ согласованного фильтра для сигналов Баркера

5. Анализ согласованного фильтра для ЛЧМ-импульса

### **Занятие 28. Сравнение помехоустойчивости радиосистем с амплитудной и частотной модуляцией (2 час.)**

1. Анализ амплитудного детектора в режиме сильного сигнала

2. Рассмотрение порогового эффекта при детектировании

3. Рассмотрение причины высокой помехоустойчивости широкополосных ЧМ-систем

4. Аналитическое рассмотрение помехоустойчивости систем с ЧМ-сигналами

5. Анализ частотного детектора в режиме сильного сигнала

### **Лабораторные работы (36 час.)**

#### **Лабораторная работа № 1. Исследование спектральных характеристик импульсных сигналов (6 час.)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнение заданий практической части лабораторной работы.

3. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

4. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

#### **Лабораторная работа № 2. Амплитудная модуляция (6 час.)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнение заданий практической части лабораторной работы.

3. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

4. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

#### **Лабораторная работа № 3. Частотная модуляция (6 час.)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнение заданий практической части лабораторной работы.

3. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

4. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

#### **Лабораторная работа № 4. Корреляционная функция. Корреляционный прием (6 час.)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнение заданий практической части лабораторной работы.

3. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

4. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

#### **Лабораторная работа № 5. Аналого-цифровое преобразование сигналов. (6 час.)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнение заданий практической части лабораторной работы.

3. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

4. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

### **Лабораторная работа № 6. Цифровая фильтрация. Цифровой интегратор и дифференцирующий фильтр (6 час.)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнение заданий практической части лабораторной работы.

3. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

4. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

## **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Теоретические основы связи» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

## **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

			Оценочные средства
--	--	--	--------------------

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Основы общей теории радиотехнических сигналов и спектров	ПК-5	знает	Лабораторная работа (ПР-6)	ПР-8 Портфолио
			умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	ПР-8 Портфолио
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	ПР-8 Портфолио
2	Модулированные сигналы	ПК-5	знает	Лабораторная работа (ПР-6)	ПР-8 Портфолио
			умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	ПР-8 Портфолио
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	ПР-8 Портфолио
3	Сигналы с ограниченным спектром	ПК-5	знает	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
			умеет	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
			владеет	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
4	Корреляционная теория случайных процессов	ПК-5	знает	Лабораторная работа (ПР-6)	ПР-8 Портфолио
			умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	ПР-8 Портфолио
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	ПР-8 Портфолио
5	Воздействие детерминированных сигналов на линейные стационарные системы	ПК-5	знает	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
			умеет	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
			владеет	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
6	Воздействие случайных сигналов на линейные стационарные системы	ПК-5	знает	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
			умеет	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
			владеет	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
7	Элементы теории синтеза линейных частотных фильтров	ПК-5	знает	ПР-5 Курсовая работа	ПР-8 Портфолио
			умеет	ПР-5 Курсовая работа	ПР-8 Портфолио
			владеет	ПР-5 Курсовая работа	ПР-8 Портфолио
8	Активные цепи с обратной связью	ПК-5	знает	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
			умеет	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
			владеет	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
9	Дискретные сигналы и	ПК-5	знает	ПР-5 Курсовая работа	ПР-8 Портфолио

	принципы цифровой фильтрации		умеет	ПР-5 Курсовая работа	ПР-8 Портфолио
			владеет	ПР-5 Курсовая работа	ПР-8 Портфолио

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Клюев Л. Л., Черная И. И. Теория электрической связи. – 2015. <http://znanium.com/bookread2.php?book=525236>
2. Гадзиковский В. И. Цифровая обработка сигналов //М.: Солон-Пресс. – 2013. <http://znanium.com/bookread2.php?book=883840>
3. Першин В. Т. Формирование и генерирование сигналов цифровой радиосвязи: учебно-методическое пособие. В 2 ч. Ч. 2. – 2016. <http://znanium.com/bookread2.php?book=405030>
4. А.Ю. Родионов. Теория электрической связи: учебно-методическое пособие; Дальневосточный государственный технический университет. Владивосток: Изд-во Дальневосточного технического университета, 2007. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:384991&theme=FEFU> (109 экз.)

### **Дополнительная литература**

1. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. 2 – изд. – СПб.: Питер, 2005. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:394572&theme=FEFU> (26 экз.)
2. Митрофанов И.С. Теория электрической связи: методические указания к выполнению лабораторных работ N1-9. - СПб.: ГУАП, 2004. - 63 с. Формат – DJVU. <http://window.edu.ru/resource/837/44837/files/Mitrofanov.pdf>



3. Белодедов М.В. Методы проектирования цифровых фильтров: Учебное пособие. - Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2004. - 60 с. Формат – DJVU. <http://window.edu.ru/resource/871/25871/files/volsu455.pdf>

### Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Графический калькулятор Desmos <https://www.desmos.com/calculator>
2. Научная библиотека ДВФУ <https://www.dvfu.ru/library/>
3. «eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
4. «ИНТУИТ» Национальный открытый университет <http://www.intuit.ru/studies/courses/3688/930/lecture/16466>

### Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Программное обеспечение, доступное студентам для выполнения задания по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы:

Место расположения компьютерной техники, на котором установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
Компьютерный класс кафедры Электроники и средств связи, Ауд. Е727	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов;</li> <li>– 7Zip 9.20 - свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных;</li> <li>– ABBYY FineReader 11 - программа для оптического распознавания символов;</li> <li>– Elcut 6.3 Student - программа для проведения инженерного анализа и двумерного моделирования методом конечных элементов (МКЭ);</li> <li>– Adobe Acrobat XI Pro – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF;</li> <li>– AutoCAD Electrical 2015 Language Pack – English - трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения;</li> <li>– MATLAB R2016a - пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноимённый язык программирования, используемый в этом пакете</li> </ul>

## VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для изучения дисциплины «Теоретические основы связи» обучающемуся предлагаются лекционные, практические занятия и лабораторный практикум. Обязательным элементом является также самостоятельная работа. Из общих учебных часов 100 часов на самостоятельную работу студента. В рамках часов, выделенных на самостоятельную работу, студент должен производить подготовку к рейтинговым и зачетным проверкам, а также изучать темы, отведенные преподавателем на самостоятельное изучение. Помимо различных методических указаний и списка рекомендуемой литературы обучающийся должен обсуждать возникающие у него вопросы на консультациях, назначаемых преподавателем.

Дисциплину рекомендуется изучать по плану занятий. Обучающийся должен своевременно выполнять задания, выданные на практических занятиях, текущие лабораторные работы и защищать их во время занятий или на консультации.

При подготовке к лекциям обучающийся изучает план лекционного материала, рекомендованную и дополнительную литературу.

В рамках работы предусмотрена курсовая работа на предложенную преподавателем тему.

Каждая лабораторная работа рассчитана на несколько аудиторных часов. При защите каждой лабораторной работы преподаватель задаёт студенту контрольные вопросы.

Для подготовки к практическим занятиям и лабораторным работам требуется изучение лекционного материала и самостоятельная работа с предложенной литературой. Для выполнения лабораторных работ и подготовки их к сдаче возможно использовать в качестве вспомогательной литературы методические указания по выполнению лабораторных работ.

К экзамену обучающийся должен отчитаться по всем практическим и лабораторным занятиям. Темы, рассмотренные на лекционных занятиях, но не отраженные в лабораторных работах закрепляются обучающимся во время

самостоятельной работы.

При подготовке к экзамену необходимо повторить учебный материал, используя конспект лекций, основную и дополнительную литературу, при необходимости посещать консультации.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Мультимедийная аудитория:

Проектор 3-chip DLP, 10 600 ANSI-лм, WUXGA 1 920x1 200 (16:10) PT-DZ110XE Panasonic; экран 316x500 см, 16:10 с эл. приводом; крепление настенно-потолочное Elpro Large Electrol Projecta

Приложение 1



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

---

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
по дисциплине «Теоретические основы связи»  
Направление подготовки **11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии  
и системы связи»**  
профиль «Системы радиосвязи и радиодоступа»  
**Форма подготовки очная/заочная**

**Владивосток  
2017**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	5, 10 и 15 недели семестра/курса	Закрепление лекционного материала	15/100	Проверка конспектов
2	В течение семестра/курса	Подготовка отчетов по лабораторным работам	48/102	Защита отчета
	В течение семестра/курса	Подготовка к экзамену/зачёту	27/9	Экзамен/зачёт, представление портфолио

### Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Успешное освоение дисциплины основывается на систематической повседневной работе обучающегося. Самостоятельная работа предполагает работу с литературой, нормативными документами, интернет-ресурсами, предложенными преподавателем, а также посещение консультаций, проводимых преподавателем. Систематизация материала может проводиться в виде конспектов, табличном варианте и другими способами, удобными для обучающегося.

#### Методические указания к написанию конспекта

Конспект может быть выполнен в печатной или письменной форме.

1. Основные требования к конспекту:
2. Тема изучаемого материала,
3. Запись основных понятий, определений, закономерностей, формул, и т.д.,
4. Заключение по пройденному материалу,
5. Список использованных источников.

Конспекты дополняются материалами, полученными при проработке дополнительной литературы.

#### Методические указания к выполнению лабораторной работы

Лабораторная работа – вид учебного занятия, направленный на углубление и закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков. Лабораторные работы являются неотъемлемой частью изучения дисциплины «Теоретические основы связи».

Для каждой лабораторной работы разработаны методические указания, в которых приведены: цель работы, содержание работы, вопросы к защите работы, варианты заданий, методические указания и контрольные вопросы. Все лабораторные работы посвящены моделированию процессов в программе MATLAB.

В конце каждой лабораторной работы, выполненное задание предъявляется по требованию преподавателя для защиты. В процессе защиты предлагается ответить на контрольные вопросы.

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Результаты самостоятельной работы отражаются в письменных работах (отчетах по лабораторным работам).

К представлению и оформлению отчетов по лабораторным работам предъявляются следующие требования.

#### **Структура отчета по лабораторной работе**

Отчеты по лабораторным работам представляются в электронной форме, подготовленные как текстовые документы в редакторе MS Word.

Отчет по работе должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе построенные диаграммы, таблицы, приложения, список литературы и/или расчеты, сопровождая необходимыми пояснениями и иллюстрациями в виде схем, экранных форм («скриншотов») и т.д.

Структурно отчет по лабораторной работе, как текстовый документ, состоит из следующих частей:

Титульный лист – обязательная компонента отчета, первая страница отчета, оформляется по принятой для лабораторных работ форме (титульный

лист отчета должен размещаться не отдельно, а в общем файле, где представлен текст отчета);

Исходные данные к выполнению заданий – обязательная компонента отчета, начинается с новой страницы, содержат указание варианта, тему, план работы и т.д.);

Основная часть – материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: разделы – подразделы – пункты – подпункты и т.д.

Рекомендуется в основной части отчета заголовки рубрик (подрубрик) давать, исходя из формулировок заданий, в форме отглагольных существительных;

Выводы – обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы);

Список литературы – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии);

Приложения – необязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит дополнительные материалы к основной части отчета. Здесь могут находиться, например, справочные данные по используемым приборам, элементам, материалам. Приложения могут приводиться с целью упростить сверку экспериментально полученных результатов со справочными или с целью сравнения.

#### Оформление отчета по лабораторной работе

Лабораторная работа относится к категории «письменная работа», оформляется по правилам оформления письменных работ студентами ДВФУ.

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

набор текста;

структурирование работы;  
оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);  
оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);  
оформление таблиц;  
оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы, «скриншоты»);  
набор и оформление математических выражений (формул);  
оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

#### Набор текста

Набор текста осуществляется на компьютере, в соответствии со следующими требованиями:

печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);

интервал межстрочный – полуторный;

шрифт – Times New Roman;

размер шрифта – 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);

выравнивание текста – «по ширине»;

поля страницы – левое – 25-30 мм., правое – 10 мм., верхнее и нижнее – 20 мм.;

нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т.д.).

режим автоматического переноса слов, за исключением титульного листа и заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).



Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать, как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все приложения включаются в общую сквозную нумерацию страниц работы.

Рекомендации по оформлению графического материала, полученного с экрана («скриншотов»)

Графические копии экрана («скриншоты»), отражающие графики, диаграммы моделей, схемы, экранные формы и т. п. должны отвечать требованиям визуальной наглядности представления иллюстративного материала как по размерам графических объектов, так и разрешающей способности отображения текстов, цветовому оформлению и другим важным пользовательским параметрам.

Рекомендуется в среде программного приложения настроить «экран» на параметры масштабирования и размещения снимаемых для иллюстрации объектов. При этом необходимо убрать «лишние» окна, команды, выделения объектов и т. п.

В перенесенных в отчет «скриншотах» рекомендуется «срезать» ненужные области, путем редактирования «изображений», а при необходимости отмасштабировать их для заполнения страницы отчета «по ширине».

«Скриншоты» в отчете оформляются как рисунки, с заголовками, помещаемыми ниже области рисунков, а в тексте должны быть ссылки на указанные рисунки.

### **Методические указания по подготовке к экзамену**

Обучающийся должен своевременно выполнять задания, выданные на практических занятиях, текущие лабораторные работы и защищать их во время занятий или на консультации.

Для подготовки к практическим занятиям и лабораторным работам

требуется изучение лекционного материала, уверенное знание ответов на контрольные вопросы для закрепления материала. Для выполнения лабораторных работ и подготовки их к сдаче возможно использовать в качестве вспомогательной литературы методические указания по выполнению лабораторных работ.

К концу семестра обучающийся должен сдать курсовой проект, отчитаться по всем лабораторным занятиям. Темы, рассмотренные на лекционных занятиях, но не отраженные в практических и лабораторных работах, закрепляются обучающимися во время самостоятельной работы.

При подготовке к экзамену необходимо представить Портфолио и повторить учебный материал, используя конспект лекций, основную и дополнительную литературу, при необходимости посетить консультации.

Структура Портфолио: 1. название портфолио; 2. Курсовой проект; 5. лабораторные работы (каждая работа отдельным файлом), практические работы (каждая работа отдельным файлом).

### **Методические указания к написанию курсовой работы**

Основным заданием на курсовую работу является анализ (расчёт) ФНЧ Баттерворта шестого порядка. Согласно плану, задания выполняются в следующей последовательности:

- 1) Рассчитать ФНЧ Баттерворта 6-го порядка;
  - 1.1) Найти передаточную функцию  $K(p)$  фильтра;
  - 1.2) Получить системную функцию  $H(z)$  фильтра;
  - 1.3) Построить математическую модель фильтра;
  - 1.4) Найти импульсную характеристику  $h(t)$  фильтра;
  - 1.5) Найти переходную характеристику  $g(t)$  фильтра;
  - 1.6) Построить АЧХ  $|K(j\omega)|$  фильтра;
  - 1.7) Построить ФЧХ  $j_K(\omega)$  фильтра;
  - 1.8) Найти групповое время запаздывания  $t_{гр}$  фильтра;
- 2) Синтезировать ФНЧ Баттерворта 4-го порядка.

Исходные данные:

$N_1$  – предпоследняя цифра зачётной книжки;

$N_2$  – последняя цифра зачётной книжки;

$n = 6$  – порядок фильтра;

$f_{\text{ср}} = 1000 + 100N_2$ , Гц – частота среза фильтра;

$f_{\text{д}} = 2100 + 1000(N_1 + N_2)$ , Гц – частота дискретизации фильтра.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

Оценивание лабораторных работ проводится по критериям:

- полнота и качество выполненных заданий;
- владение методами и приемами компьютерного моделирования в исследуемых вопросах, применение специализированных программных средств;
- качество оформления отчета, использование правил и стандартов оформления текстовых и электронных документов;
- использование данных отечественной и зарубежной литературы, источников сети Интернет, информации нормативно-правового характера и передовой практики;
- отсутствие фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

---

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Теоретические основы связи»  
**Направление подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии  
и системы связи»**  
профиль «Системы радиосвязи и радиодоступа»  
**Форма подготовки очная/заочная**

**Владивосток**  
**2017**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-5 – способностью проводить работы по управлению потоками трафика на сети	Знает	принципы работы систем цифровой передачи информации в сетях электросвязи, включая системы PDH и SDH; принципы организации систем мониторинга и управления трафиком; принципы составления уравнений динамики распределения вероятностей очереди и загрузки серверов систем массового обслуживания марковского типа; принципы компьютерного моделирования систем массового обслуживания, управления потоками трафика в сети связи
	Умеет	проводить анализ потоков передаваемых данных с целью оптимизации пропускной способности; решать задачи определения вероятностей стационарного режима и сопутствующие параметры системы массового обслуживания; проводить компьютерную симуляцию сети систем массового обслуживания с расчетом требуемых характеристик; проводить работы по управлению потоками в сети связи
	Владеет	умением проводить исследования характеристик в сетях передачи данных, в том числе с применением универсальные пакеты программ компьютерного моделирования; основными понятиями и методами теории телетрафика; способностью обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений; способностью проводить работы по управлению потоками в сети связи

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Основы общей теории радиотехнических сигналов и спектров	ПК-5	знает	Лабораторная работа (ПР-6)	ПР-8 Портфолио
			умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	ПР-8 Портфолио
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	ПР-8 Портфолио

2	Модулированные сигналы	ПК-5	знает	Лабораторная работа (ПР-6)	ПР-8 Портфолио
			умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	ПР-8 Портфолио
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	ПР-8 Портфолио
3	Сигналы с ограниченным спектром	ПК-5	знает	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
			умеет	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
			владеет	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
4	Корреляционная теория случайных процессов	ПК-5	знает	Лабораторная работа (ПР-6)	ПР-8 Портфолио
			умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	ПР-8 Портфолио
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	ПР-8 Портфолио
5	Воздействие детерминированных сигналов на линейные стационарные системы	ПК-5	знает	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
			умеет	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
			владеет	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
6	Воздействие случайных сигналов на линейные стационарные системы	ПК-5	знает	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
			умеет	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
			владеет	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
7	Элементы теории синтеза линейных частотных фильтров	ПК-5	знает	ПР-5 Курсовая работа	ПР-8 Портфолио
			умеет	ПР-5 Курсовая работа	ПР-8 Портфолио
			владеет	ПР-5 Курсовая работа	ПР-8 Портфолио
8	Активные цепи с обратной связью	ПК-5	знает	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
			умеет	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
			владеет	УО-4 Дискуссия	ПР-8 Портфолио
9	Дискретные сигналы и принципы цифровой фильтрации	ПК-5	знает	ПР-5 Курсовая работа	ПР-8 Портфолио
			умеет	ПР-5 Курсовая работа	ПР-8 Портфолио
			владеет	ПР-5 Курсовая работа	ПР-8 Портфолио

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
ПК-5 – способность проводить работы по управлению потоками трафика на сети	знает (пороговый уровень)	<p>принципы работы систем цифровой передачи информации в сетях электросвязи, включая системы PDH и SDH;</p> <p>принципы организации систем мониторинга и управления трафиком;</p> <p>принципы составления уравнений динамики распределения вероятностей очереди и загрузки серверов систем массового обслуживания марковского типа;</p> <p>принципы компьютерного моделирования систем массового обслуживания, управления потоками трафика в сети связи</p>	<p>знание принципов работы систем цифровой передачи информации в сетях электросвязи;</p> <p>знание принципов организации систем мониторинга и управления трафиком;</p> <p>принципы составления уравнений динамики распределения вероятностей очереди и загрузки серверов систем массового обслуживания марковского типа</p>	<p>знание принципов работы систем PDH и SDH;</p> <p>знание принципов компьютерного моделирования систем массового обслуживания, управления потоками трафика в сети связи</p>	61-75
	умеет (продвинутый)	<p>проводить анализ потоков передаваемых данных с целью оптимизации пропускной способности;</p> <p>решать задачи определения вероятностей</p>	<p>умение проводить анализ потоков передаваемых данных с целью оптимизации и пропускной</p>	<p>умение проводить компьютерную симуляцию сети систем массового обслуживания с расчетом требуемых</p>	76-85

		<p>стационарного режима и сопутствующие параметры системы массового обслуживания; проводить компьютерную симуляцию сети систем массового обслуживания с расчетом требуемых характеристик; проводить работы по управлению потоками в сети связи</p>	<p>способности ; умение решать задачи определения вероятностной стационарного режима и сопутствующие параметры системы массового обслуживания;</p>	<p>характеристики; умение проводить работы по управлению потоками в сети связи</p>	
	<p>владеет (высокий)</p>	<p>умением проводить исследования характеристик в сетях передачи данных, в том числе с применением универсальные пакеты программ компьютерного моделирования; основными понятиями и методами теории телеграфика; способностью обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений; способностью проводить работы по</p>	<p>владение навыками проведения исследования характеристик в сетях передачи данных</p>	<p>владение универсальными пакетами программного моделирования для проведения исследования характеристик в сетях передачи данных</p>	<p>86-100</p>



		управлению потоками в сети связи			
--	--	--	--	--	--

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация обучающихся является обязательной. Для получения положительной оценки на экзамене необходимо сформировать свое Портфолио, которое состоит из результатов индивидуальных практических и лабораторных заданий.

#### **Портфолио**

по дисциплине «Теоретические основы связи»

- 1 Название портфолио**
- 2 Структура портфолио:**
  - 2.1 Курсовая работа;
  - 2.2 Практические работы;
  - 2.3 Лабораторные работы;
  - 2.4 Конспект лекций.

#### **Вопросы к экзамену по дисциплине: «Теоретические основы связи»**

1. Классификация радиотехнических сигналов.
2. Динамическое представление сигналов: основной принцип, функция Хевисайда, функция Дирака.
3. Геометрические методы в теории сигналов. Теория ортогональных сигналов. Функции Уолша.
4. Периодические сигналы. Ряды Фурье. Спектральные диаграммы сигналов. Прямое и обратное преобразование Фурье и их свойства.
5. Спектральные плотности сигналов. Преобразование Лапласа и его свойства.
6. Взаимная спектральная плотность сигналов. Энергетический спектр.

7. Корреляционный анализ. Автокорреляционная функция (АКФ) детерминированных и дискретных сигналов. Сигналы (коды) Баркера. Взаимокорреляционная функция двух сигналов.

8. Понятие и предназначение модуляции. Роль модуляции в радиосвязи. Принцип амплитудной модуляции (АМ). Спектр АМ-сигнала. Однотональная АМ. Амплитудная манипуляция (ASK). Балансная АМ (DSB-SC). Однополосная АМ (SSB).

9. Виды угловой модуляции. Принцип частотной (ЧМ; FM) и фазовой модуляции (ФМ; PM). Девиация фазы и девиация частоты. Спектральное разложение модулированных сигналов. Угловая модуляция при негармоническом модулирующем сигнале.

10. Понятие и принцип линейной частотной модуляции (ЛЧМ). Спектр ЛЧМ сигнала. Понятие базы сигнала. Автокорреляционная функция ЛЧМ-сигнала.

11. Понятие и предназначение полярной модуляции. Использование поднесущей частоты. Пилот-тон.

12. Понятие сигнала с ограниченным спектром. Идеальный низкочастотный сигнал. Идеальный полосовой сигнал. Оценка параметров сигналов с ограниченным спектром. Ортогональные сигналы с ограниченным спектром.

13. Построение ортонормированного базиса. Ряд Котельникова. Формулировка теоремы Котельникова. Аппаратурная реализация синтеза сигнала, представленного рядом Котельникова. Оценка ошибки, возникающей при аппроксимации сигнала рядом Котельникова. Размерность пространства сигналов, ограниченных по спектру и по длительности.

14. Понятие и математическая модель узкополосного сигнала. Комплексное представление узкополосных сигналов. Физическая огибающая, полная фаза и мгновенная частота. Свойства физической огибающей. Связь между спектрами сигнала и его комплексной огибающей.

15. Статистическая радиотехника как наука. Понятие случайного процесса. Ансамбли реализаций. Плотности вероятности случайных процессов. Моментальные функции случайных процессов.

16. Функция корреляции. Стационарные случайные процессы. Свойство эргодичности. Измерение характеристик случайных процессов. Взаимная функция корреляции двух случайных процессов.

17. Стационарные гауссовы случайные процессы. Марковские процессы.

18. Спектральные плотности реализаций и их свойства. Спектральная плотность мощности стационарного случайного процесса (теорема Винера–Хинчина). Интервал корреляции. Эффективная ширина спектра. Белый шум.

19. Вероятностная трактовка сходимости и непрерывности. Производная от случайного процесса и её спектральная плотность мощности. Интеграл от случайного процесса. Выбросы случайных процессов. Квазичастота случайного процесса.

20. Функция корреляции узкополосного случайного процесса. Статистические свойства сопряжённого процесса. Совместная плотность вероятности огибающей и начальной фазы. Одномерная и двумерная плотность вероятности огибающей. Огибающая суммы гармонического сигнала и узкополосного шума.

21. Понятие линейной стационарной системы и её свойства. Сосредоточенные и распределённые системы. Импульсная характеристика системы. Интеграл Дюамеля. Переходная характеристика. Частотный коэффициент передачи.

22. Амплитудно-частотная (АЧХ) и фазочастотная (ФЧХ) характеристики. Условия физической реализуемости. Критерий Пэли–Винера.

23. Понятие линейной динамической системы. Описание систем дифференциальными уравнениями. Устойчивость динамических систем.

24. Вычисление импульсных характеристик. Вычисление сигнала на выходе системы. Дифференцирующие и интегрирующие цепи.

Геометрическая интерпретация процесса преобразования сигнала в линейной системе.

25. Решение дифференциальных уравнений операторным методом. Понятие и свойства передаточной функции. Формула обращения. Примеры нахождения сигналов операторным методом.

26. Среднее значение выходного сигнала. Функция корреляции и спектральная плотность мощности случайного сигнала на выходе системы. Прохождение случайных сигналов в широком спектром через узкополосные цепи. Шумовая полоса.

27. Тепловые шумы резисторов. Формула Найквиста. Шумы приёмных антенн. Дробовой шум. Формула Шоттки. Коэффициент шума четырёхполюсника.

28. Расположение нулей и полюсов. Теорема о числе нулей и полюсов. Связь между вещественной и мнимой частью входного сопротивления. Входное сопротивление реактивных двухполюсников.

29. Основная идея синтеза. Синтез реактивных двухполюсников. Двухполюсник Фостера. Двухполюсник Кауэра.

30. Матричное описание. Передаточная функция четырёхполюсника. Расположение нулей и полюсов передаточной функции. Коэффициент передачи мощности. Этапы синтеза частотно-избирательных четырёхполюсников.

31. Понятие фильтра нижних частот (ФНЧ). Максимально-плоская (Баттерворта) аппроксимация. Передаточная функция фильтра Баттерворта. Чебышевская аппроксимация. Передаточная функция фильтра Чебышева.

32. Понятие структурного синтеза фильтров. Звенья 1-го и 2-го порядков. Реализация фильтров верхних частот (ФВЧ). Реализация полосовых фильтров (ПФ).

33. Понятие цепи с обратной связью. Вывод основного соотношения. Отрицательная и положительная обратная связь. Стабилизация коэффициента усиления. Подавление паразитных сигналов. Коррекция частотной характеристики.

34. Постановка задачи. Алгебраический критерий устойчивости (критерий Рауса–Гурвица). Геометрические критерии устойчивости.

35. Понятие активного элемента. Операционный усилитель. Устойчивость систем с операционными усилителями. Активные RC-фильтры с однопетлевой обратной связью. Активные RC-фильтры с двухпетлевой обратной связью. Синтез активного ФНЧ 2-го порядка.

36. Дискретизирующая последовательность. Модулированные импульсные последовательности. Спектральная плотность модулированной импульсной последовательности. Восстановление непрерывного сигнала по модулированной импульсной последовательности.

37. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Восстановление исходного сигнала по ДПФ. Обратное ДПФ. Геометрическая трактовка ДПФ. Быстрое преобразование Фурье (БПФ).

38. Определение  $z$ -преобразования и его свойства.  $z$ -преобразование непрерывных функций. Обратное  $z$ -преобразование. Связь с преобразованиями Лапласа и Фурье

39. Принцип цифровой обработки сигналов. Квантование сигналов в цифровых фильтрах. Алгоритм линейной цифровой фильтрации. Частотный коэффициент передачи цифрового фильтра. Системная функция цифрового фильтра.

40. Трансверсальные цифровые фильтры. Импульсная и частотная характеристики цифрового фильтра. Рекурсивные ЦФ. Критерии устойчивости рекурсивных ЦФ.

41. Метод инвариантных импульсных характеристик. Сравнение трансверсальных и рекурсивных ЦФ. Метод инвариантных частотных характеристик. Билинейное преобразование. Связь между частотными переменными аналогового и цифрового фильтра. Влияние квантования сигнала на работу цифрового фильтра. Шумы квантования.

### **Вопросы к зачету по дисциплине «Теоретические основы связи»:**

1. Каналы связи. Математические модели. Линейные и нелинейные искажения в каналах, помехи. Задача.
2. Теория информации. Формула Шеннона. Скорость передачи информации и пропускная способность цифровых и непрерывных каналов. Эффективность систем передачи информации. Задача.
3. Методы передачи дискретных и непрерывных сообщений. Помехоустойчивость при различных видах манипуляции. Задача.
4. Сигналы и помехи. Периодические сигналы и ряды Фурье. Спектральный анализ импульсных сигналов. Энергия и мощность сигнала. Модулированные сигналы и спектры. ЛЧМ сигнал. Авто и взаимокорреляционная функции. Шумы и помехи в электросвязи. Задача.
5. Фильтрация сигналов. Основы синтеза фильтров. Импульсная характеристика. Частотная характеристика фильтра. Задача.
6. Цифровая обработка сигналов. Теорема Котельникова. Аналогово-цифровая преобразование. Цифро-аналоговое преобразование. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры. Методы синтеза ЦФ. Задача.

### **Задания для курсовой работы по дисциплине «Теоретические основы связи»:**

#### **«Расчет цифрового фильтра нижних частот».**

Цель: Выполнить расчет заданного цифрового фильтра нижних частот, выполнить численное моделирование фильтра в MATLAB Simulink (или в аналогичных симуляторах) и подтвердить его работоспособность.

Задание: Выбрать фильтр нижних частот Баттерворта 6-ого порядка, выполнить приведение передаточной характеристики фильтра под заданную частоту среза, рассчитываемую по соотношению:  $F_c = 1000 \cdot (N_1 + N_2)$ , Гц. Здесь  $N_1$  - предпоследняя цифра зачетки,  $N_2$  – последняя цифра. Если  $N_1, N_2 = 0$ , то берется значение 10.

Выполнить билинейное z-преобразование передаточной характеристики полученного фильтра, выбирая частоту дискретизации цифрового фильтра по соотношению:  $F_s = 2000 \cdot (N_1 + 2 \cdot N_2)$ , Гц.

Для полученного цифрового фильтра необходимо построить структурную схему в MATLAB Simulink (или в аналогичных симуляторах), получить импульсный отклик фильтра и переходную характеристику, подавая

соответствующие сигналы на вход фильтра. Также для аналогового и полученного цифрового фильтра необходимо построить амплитудно-частотную, фазово-частотную характеристику и график групповой времени задержки.

### Критерии выставления оценки студенту на экзамене/зачете

Баллы (рейтинговая оценка)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86-100	«отлично»/«зачтено»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
76-85	«хорошо» /«зачтено»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61-75	«удовлетворительно» /«зачтено»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0-60	«неудовлетворительно» /«не зачтено»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## Оценочные средства для текущей аттестации

### Примеры практических задание по дисциплине «Теоретические основы связи»

1. Скорость передачи данных в беспроводной системе связи равна 250 кбит/с. Используется двухпозиционная фазовая манипуляция. Каким образом можно увеличить скорость передачи данных до 1 Мбит/с, не меняя ширины канала? Как оставить неизменной вероятность ошибки на бит в системе?

2. Скорость передачи данных в беспроводной системе связи равна 100 кбит/с. Используется амплитудная манипуляция. Как при неизменной вероятности ошибки на бит в системе уменьшить мощность излучения на 10 дБ, не меняя скорость передачи данных?

3. Вычислить автокорреляционную функцию для дискретной последовательности: (1 1 -1 -1 1 1 -1 -1). Для данной последовательности найти ортогональную последовательность. Привести пример использования подобных кодов на практике.

4. Найдите спектральную плотность прямоугольного радиоимпульса длительностью 2 мкс и частотой несущей 1,3 ГГц. Амплитуда импульса 2 В. Как изменится спектральная плотность, если данный радиосигнал поступает с периодом 4 мкс?

5. Аналоговый сигнал с полосой частот (20...20000 Гц) подается на вход АЦП (разрядность АЦП  $N = 8$ ). Длительность сигнала 1 час. Определить объем памяти (Мб), необходимый для хранения данного сигнала, скорость потока на выходе АЦП. Каким способом можно восстановить исходный аналоговый сигнал?

6. Рассчитайте и нарисуйте схему цифрового фильтра с частотой дискретизации 48 кГц (фильтр – идеальная дифференцирующая цепь). Показать импульсную характеристику данного фильтра.

7. Рассчитайте и нарисуйте схему цифрового фильтра с частотой дискретизации 22 кГц (фильтр – идеальная интегрирующая цепь). Показать импульсную характеристику данного фильтра.



8. Вычислить среднюю мощность дискретной последовательности (40 бит): 0110101111010110111011011011111101011101. Скорость передачи 10 бит/с, уровень логического «0» равен 0В, уровень логической «1» равен 1В. Сформировать бит контроля четности для каждого байта передаваемой последовательности.

9. Определите амплитудно- и фазочастотную характеристику идеального неискажающего канала связи. Какой будет импульсная характеристика данного канала и его автокорреляционная функция?

10. Рассматривается пилообразный радиоимпульс длительностью 2 мкс и амплитудой 1 В. Частота заполнения радиоимпульса 2 ГГц. Определите спектральную плотность радиоимпульса (центральную частоту спектра, его форму и ширину, Гц). Как изменится спектральная плотность, если данный радиосигнал поступает с периодом 10 мкс?

11. Поясните принцип работы ЧМ детектора на промежуточной частоте 10,7 МГц и разработайте его структурную схему, если индекс частотной модуляции  $m = 7$ , а низкочастотный сигнал занимает полосу (20...20000 Гц).

12. Сигнал занимает полосу (0...6,5 МГц). В передатчике используется амплитудная модуляция с индексом 0,5. Несущая частота передатчика 50 МГц с амплитудой 10 В. Определить полосу частот, занимаемую радиосигналом и мощность несущей частоты.

13. В передатчике используется амплитудная модуляция с индексом 0.5. Сигнал занимает полосу (0...6,5 МГц). Несущая частота передатчика 150 МГц с амплитудой 20 В. Для усиления АМ-сигнала используется усилитель с ограничением выходной амплитуды до 40 В и коэффициентом усиления по напряжению равным 4. Какие изменения появятся в радиосигнале на выходе усилителя? Как изменится спектральная плотность АМ-сигнала на выходе усилителя?

14. База ЛЧМ-импульса равна 300. Эффективная ширина спектра равна 100 МГц. Найти длительность ЛЧМ-импульса и ширину основного лепестка функции автокорреляции для данного сигнала.

15. Оцените помехоустойчивость разных видов манипуляции: амплитудной (с пассивной паузой), частотной (частоты нуля и единицы ортогональны на длительности бита), фазовой (сдвиг фаз на  $\pi$ ). Амплитуда несущей постоянна для каждого вида манипуляции.

16. Найти импульсную характеристику нерекурсивного фильтра с коэффициентами (0,2; 0,7; 0,5; 0,3; 0,1; 0,05). Частота дискретизации фильтра равна 1 МГц. К какому типу фильтров можно отнести данный фильтр? (ФНЧ, ФВЧ и т.д.). Найдите приблизительно частоту среза фильтра.

17. Рассчитайте схему цифрового фильтра для интегрирующей RC цепи методом билинейного  $z$ -преобразования, если частота дискретизации равна 4 МГц.  $R = 160$  Ом,  $C = 1$  нФ.

18. Приведите пример двух сигналов, обладающих идеальной автокорреляционной функцией (АКФ). Какая связь между АКФ сигнала и его спектральной плотностью? Существуют ли сигналы с ограниченным спектром?

19. Среднеквадратическое значение временного рассеяния в гидроакустическом канале равно 0,1 мс. Найдите полосу когерентности канала связи. Сигнал с какой полосой частот можно использовать для связи в данном случае? Пояснить.

**Задания для лабораторных работ по дисциплине «Теоретические основы связи»**

***Лабораторная работа № 1. Исследование спектральных характеристик импульсных сигналов.***

Цель работы: исследование спектральных характеристик импульсных сигналов, выяснить зависимость ширины спектра от длительности импульса, зависимость формы спектра от формы импульса.

Исходные данные:

Виды импульсов:

1. Прямоугольный

2. Треугольный

3. Пилообразный
4. Экспоненциальный односторонний
5. Экспоненциальный двухсторонний
6. Гауссовский

*Лабораторная работа проводится с помощью программного продукта MATLAB*

Порядок выполнения работы:

1. Открыть файл LAB 1.mdl
2. Заданы 6 генераторов различных импульсных сигналов; 6-ти входовой осциллограф; 6-спектроанализаторов.
3. Задать длительность импульсов  $\tau_{и}=0.01$ с. Оценить относительную ширину спектров ( $\Delta F$ ) по уровню -20 дБ от максимума. Рассчитать параметр  $\lambda=\tau_{и}*\Delta F$  для каждого импульса.
4. Уменьшить скважность  $q=T/\tau_{и}$  от значения  $\infty$  (для одиночного импульса) до  $q=10$ . Оценить изменения в структуре спектра и графически определить расстояние между двумя ближайшими дискретными гармониками ( $\Delta F$ ).
5. Изменить скважность от 10 до 5. Определить  $\Delta F$ .
6. Сравнить измеренные значения  $\Delta F$  с периодом повторения импульсов  $T$  ( $\Delta F \sim 1/T$ ).
7. Сделать выводы по следующим параметрам: у какого одиночного импульса меньший уровень боковых лепестков. На что в спектре влияет форма импульса, длительность, период повторения? Записать для  $q=2$  ряд Фурье для прямоугольного, треугольного и пилообразного импульсов.

### ***Лабораторная работа № 2. Амплитудная модуляция***

Цель работы: исследование основных характеристик амплитудной модуляции.

Исходные данные: Источник низкочастотного сигнала (10 Гц), генератор несущей частоты (100 Гц), модулятор АМ, осциллограф, анализатор спектра.

*Лабораторная работа проводится с помощью программного продукта MATLAB*

1. Открыть файл LAB2.mdl
2. Собрать модулятор АМ – сигнала по формуле  $S_{AM}(t) = U_0 \cdot (1 + M \cdot S_{НЧ}(t)) \cdot \cos \omega_0 t$ , где  $U_0 = 1В$ ,  $M$  – коэффициент АМ – модуляции,  $S_{НЧ}(t)$  – тональный сигнал с частотой 10 Гц,  $\omega_0 = 2\pi \cdot 100, Гц$ .
3. Задать  $M = 0$  и проверить сигнал на выходе. (На спектроанализаторе и осциллографе должна быть немодулированная гармоника с несущей частотой 100 Гц)
4. Меняя индекс модуляции  $M$  с шагом 0,2, замерить уровень боковых полос (гармоник) относительно уровня несущей частоты. Построить зависимость разницы амплитуд «несущей» и боковой полос от индекса  $M$ .
5. По осциллограмме проверить соотношение  $M = \frac{U_{MAX} - U_{MIN}}{U_{MAX} + U_{MIN}}$  для любого индекса модуляции.
6. Подать АМ – сигнал на нелинейное устройство (НЛУ – нелинейный усилитель). Сравнить для двух характеристик  $U_{ВЫХ} \approx \sqrt{U_{ВХ}}$  и  $U_{ВЫХ} \approx \sqrt[4]{U_{ВХ}}$ , при этом рассчитать коэффициенты гармоник  $K = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_N^2}}{U_1}$ .  
(Напряжения гармоник можно оценить по спектрограмме)
7. Сделать выводы: по тому, как зависит доля мощности, отдаваемая на боковую полосу от индекса  $M$ . Оценить эффективность АМ, по сравнению с балансной и однополосной модуляцией. Почему необходим линейный усилитель для АМ – сигналов.

### ***Лабораторная работа № 3. Частотная модуляция (4 час.)***

Цель работы: исследование основных характеристик частотной модуляции.

Исходные данные: генератор низкочастотного сигнала (10Гц), генератор несущей частоты (100Гц), ЧМ – модулятор, осциллограф, анализатор спектра.

*Лабораторная работа проводится с помощью программного продукта MATLAB.*

1. Открыть файл LAB3.mdl
2. Собрать модулятор ЧМ-сигнала по формуле  $S_{\text{ЧМ}}(t) = U_0 \cos((\omega_0 + m\omega)t + \psi)$ , где  $U_0 = 1\text{В}$ ,  $\omega_0 = 2\pi 100\text{Гц}$ ,  $\Omega = 2\pi 10\text{Гц}$ ,  $\psi = 0$ ,  $m$  – индекс частотной модуляции ( $m \approx 2 \dots 50$ ).
3. Задать  $m=0$  и поверить сигнал на выходе (на анализаторе спектра и осциллографе должна быть немодулированная гармоника несущей частоты  $\omega_0 = 2\pi 100\text{Гц}$ ).
4. Изменяя индекс  $m$  от 0 до 5 с шагом 1, оценить ширину спектра по спектрограмме. Сравнить с расчетной  $\Delta F = 2\Delta f$ , где  $\Delta f$  – девиация частоты.
5. Найти при каких индексах  $m$  пропадает несущая частота ( $U_{\omega_{\text{нес}}} = 0\text{В}$ ). Найти 2 первых значения  $m$ .
6. Найти при каких индексах  $m$  пропадает первая гармоника. Найти одно значение  $m$ .
7. Сделать выводы. К какой форме стремится спектр ЧМ при больших значениях  $m$ . Почему амплитуды отдельных гармоник неравномерны или, вообще, равны нулю. Рассмотреть преимущества и недостатки ЧМ перед АМ. Какие усилители мощности можно применять для ЧМ.

***Лабораторная работа № 4. Корреляционная функция.  
Корреляционный прием (4 час.)***

Цель работы: исследование различных сигналов с собственными автокорреляционными структурами. Понять принцип корреляционного приема сигналов.

- Получить функцию автокорреляции одиночного прямоугольного импульса (видеоимпульса).
- Исследовать зависимость ширины (по уровню 0,5 от максимума) основного лепестка функции автокорреляции видеоимпульса от длительности импульса во времени (ширины спектра). Диапазон изменения длительности от

минимального к максимальному значению – в 10 раз. Сделать 10 измерений, построить график.

- Получить функцию автокорреляции пачки из  $n$  прямоугольных импульсов (число  $n$  изменять от 2 до 5). Сделать выводы.
- Получить функцию взаимной корреляции одиночного прямоугольного импульса и одиночного треугольного импульса: а) одинаковой длительности; б) разной длительности (любое соотношение длительностей). По полученным результатам сделать выводы.

### ***Лабораторная работа № 5. Аналого-цифровое преобразование сигналов. (4 час.)***

Цель работы: Получить практические навыки в системах аналого-цифрового преобразования, подтвердить соответствие теоремы Котельникова. Исходные данные: генератор низкочастотного сигнала (10Гц), генератор высокой частоты (100Гц), осциллограф, анализатор спектра. Лабораторная работа проводится с помощью программного продукта MATLAB.

- Исследовать влияние разрядности квантования синусоидального сигнала на отношение сигнал-шум на выходе квантователя.
- Исследовать степень нелинейных искажений и областей перекрытия спектров сигнала от частоты дискретизации.

### ***Лабораторная работа № 6. Цифровая фильтрация. Цифровой интегратор и дифференцирующий фильтр (4 час.)***

Цель работы: Исследовать метод дискретизации импульсной характеристики аналогового фильтра и рассмотреть простейшие реализации цифровых фильтров в виде интегратора и дифференцирующего фильтра.

*Лабораторная работа проводится с помощью программного продукта MATLAB.*

Выполнить дискретизацию импульсной характеристики фильтра нижних частот Баттерворта 4-ого порядка при частоте дискретизации равной три частоты среза исходного фильтра. Построить структурную схему ЦФ.

Рассчитать системную функцию цифрового интегратора и дифференцирующего фильтра. Построить структурные схемы фильтров. Подтвердить интегрирующие и дифференцирующие свойства данных простейших цифровых фильтров.

### **Перечень дискуссионных тем для дискуссии**

Для выполнения контроля и достижения целей курса предлагается вынести данные темы в рамках дискуссионных обсуждений со студентами:

- Сигналы с ограниченным спектром
- Воздействие детерминированных сигналов на линейные стационарные системы
- Воздействие случайных сигналов на линейные стационарные системы
- Активные цепи с обратной связью

### **Критерии оценки:**

✓ 100-85 баллов выставляется студенту, если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 85-76 баллов выставляется студенту, если ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 баллов выставляется студенту, если оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной

области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

✓ 60-50 баллов выставляется студенту, если ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.