



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

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ДВФУ**

«СОГЛАСОВАНО»


Руководитель ОП  
Приборостроение

  
\_\_\_\_\_ В.В. Петросьянц  
(подпись)

« 28 » \_\_\_\_\_ сентября \_\_\_\_\_ 2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой  
Приборостроения

  
\_\_\_\_\_ В.И. Короченцев  
(подпись)

« 28 » \_\_\_\_\_ сентября \_\_\_\_\_ 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Акустические сигналы и методы их обработки

**Направления подготовки – 12.03.01 Приборостроение**

профиль подготовки: «Акустические приборы и системы»

**Форма подготовки (очная)**

курс 4 семестр 7, 8

лекции 36/33 час.

практические занятия – 18/33 час.

лабораторные работы – 18/0 час.

в том числе с использованием МАО лек. 20/14 час., лаб. раб. 12 час., пр. 12/12 час.

всего часов аудиторной нагрузки 51/38 час.

самостоятельная работа 69 час.

контрольные работы (количество) – не предусмотрено учебным планом

в том числе на подготовку к экзамену – 81 час.

курсовая работа – 8 семестр

экзамен 7, 8 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ для реализуемых основных профессиональных образовательных программ по направлению подготовки 12.03.01 Приборостроение, уровня высшего образования (бакалавриат), введенного в действие приказом ректора ДВФУ от 19.04.2016 № 12-13-718

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Приборостроения  
протокол № 1 от « 28 » сентября 2018 г.,

Заведующий кафедрой профессор, д.ф.м.н. В.И. Короченцев

Составитель доцент, С.В. Горовой

**Оборотная сторона титульного листа РПУД****I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.И.Короченцев  
(подпись) (и.о. фамилия)**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.И. Короченцев  
(подпись) (и.о. фамилия)

**Аннотация к рабочей программе дисциплины  
«Акустические сигналы и методы их обработки»**

Рабочая программа учебной дисциплины «Акустические сигналы и методы их обработки» разработана для студентов 4 курса направления 12.03.01 Приборостроение, профиль подготовки «Акустические приборы и системы» соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 03 сентября 2015 г. № 959

Дисциплина «Акустические сигналы и методы их обработки» входит в число основных дисциплин вариативной части.

Общая трудоемкость освоения дисциплины «Акустические сигналы и методы их обработки» составляет 8 з.е. (288 часов). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия 2 з.е. (69 часов.), лабораторные работы 0,5 з.е. (18 часов), практические занятия 1,5 з.е. (51 час), самостоятельная работа студентов 2 з.е. (69 часов), контроль (81 час). Предусмотрена курсовая работа в 8-м семестре. Дисциплина реализуется на 4 курсе в 7 и 8 семестрах. Оценка результатов обучения: экзамен в 7 и 8 семестрах.

Основными предшествующими дисциплинами являются «Высшая математика», «Физика», «Физические основы получения информации».

В дисциплине «Акустические сигналы и методы их обработки» рассматриваются: вопросы теории сигналов, спектрального и корреляционного анализа детерминированных и случайных сигналов, цифровой обработки сигналов, методы оптимальной фильтрации акустических сигналов; обнаружение сигналов на фоне помех; критерии и характеристики обнаружения; структурные схемы обнаружителей; основы теории оценок параметров сигналов; пространственно-временная обработка сигналов.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- знать основные алгоритмы обработки сигналов, характеристики и принцип работы современных аналоговых и цифровых устройств обработки сигналов;

- уметь анализировать работу аналоговых и цифровых устройств обработки сигналов, рассчитывать характеристики помехоустойчивости систем, моделировать работу устройств обработки сигналов;

- понимать специфику устройств обработки акустических сигналов.

- научиться использовать стандартную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения, применяемые в технике обработки сигналов.

**Целью изучения дисциплины «Акустические сигналы и методы их обработки»** является: формирование у студентов общих представлений о современных методах обработки акустических сигналов и данных с использованием средств вычислительной техники, о нерешенных до настоящего времени задачах обработки акустических сигналов и данных, методов обработки сигналов, используемых в гидроакустической и ультразвуковой аппаратуре, а также выработке первичных навыков обработки акустических сигналов.

**Задачи дисциплины:**

1. Сформировать представление о современных методах и алгоритмах обработки акустических сигналов и данных, и их предельных возможностях.

2. Сформировать представление о специализированном математическом аппарате (спектральный анализ, корреляционный анализ, статистические методы, методы цифровой обработки), используемым для решения задач обработки сигналов.

3. Сформировать навыки использования среды программирования «МАТЛАБ» для решения задач цифровой обработки сигналов и статистической обработки сигналов.

Для успешного изучения дисциплины «Акустические сигналы и методы их обработки» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции: способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции: ОПК-1, ОПК-3, ПК-2.

| Код и формулировка компетенции  | Этапы формирования компетенции |   |
|---|--------------------------------|---|
| <p>ОПК-1<br/> способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики</p>   | Знает                          | основные методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов и данных: цифровая фильтрация, спектральный анализ, корреляционный анализ, элементы статистического анализа, предельные и реальные, достижимые на современных компьютерах возможности цифровой обработки сигналов |
|   | Умеет                          | выполнять цифровой спектральный анализ, элементы статистического анализа, реализовывать цифровые фильтры применительно к акустическим сигналам.   |
|   | Владеет                        | навыками работы с источниками акустической информации   |
| <p>ОПК-3<br/> способностью выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат</p>   | Знает                          | основные требования к устройствам оцифровки и обработки сигналов и данных, методы работы с оцифрованными сигналами.   |
|   | Умеет                          | оцифровывать и анализировать оцифрованные детерминированные и случайные акустические сигналы, записанные в файлы.   |
|   | Владеет                        | навыками графического представления результатов цифровой обработки сигналов и данных.   |
| <p>ПК-2<br/> готовностью к математическому моделированию процессов и объектов приборостроения и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов</p> | Знает                          | предельные и реально достижимые на современных компьютерах возможности методов моделирования и обработки сигналов применительно к задачам цифровой обработки акустических сигналов.   |
|   | Умеет                          | разрабатывать фрагменты программ в среде программирования «МАТЛАБ», оценивать влияние накапливающихся ошибок округления на результаты цифровой обработки сигналов.  |
|   | Владеет                        | навыками работы в среде программирования «МАТЛАБ», методами учета и коррекции ошибок округления на результаты цифровой обработки сигналов.  |

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Акустические сигналы и методы их обработки» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: дискуссия, проблемный метод.

Некоторые из применяемых МАО. Семинар-дискуссия. Подготовка дискуссии предопределяет форму ее проведения. Возможно использование разнообразных вариантов.

Заранее определяется и объявляется тема, дается время ее «поносить в себе», собраться с мыслями и с материалом. Основные варианты подготовки к дискуссии и соответственно формы ее проведения:

1. Участники, сгруппировавшись по взглядам, заранее готовят тезисы и «публикуют» их, т. е. распространяют среди будущих участников дискуссии. Преподаватель может получить их, как все остальные, а может и не получать (для демонстрации сугубой нейтральности).

2. Предварительная подготовка идет разрозненно, индивидуально. Участники логически и активно группируются в «партии» в ходе дискуссии. В этом случае дискуссия начинается с заявления позиций, а уже потом идет полемика.

3. Участники не склонны активно группироваться и активно заявлять позиции. В этом случае есть смысл разделить группу на подгруппы и предложить им поговорить между собой. После разговора по малым группам каждая из них докладывает либо общую позицию, либо основные выявившиеся позиции.

В ходе подготовки возможен и такой вариант: преподаватель составляет перечень постановок вопросов для дискуссии и передает обучающимся не как обязательный, а как один из возможных подходов.

Преподаватель ведёт дискуссию. В ходе дискуссии ведущий ее преподаватель обучает не какой-либо позиции, а умению излагать и аргументировать любую позицию, избранную тем или иным участником.

Для обсуждения тем для каждого занятия подготовлены проблемные вопросы.

Метод «презентация - дискуссия». Данный метод обучения, опирающийся на групповое мышление, предназначен для активизации коллективной мыслительной деятельности в рассматриваемой области, нахождения неожиданных решений сложных научных вопросов и проблем.

Задачи преподавателя:

- создать непринужденную, раскованную обстановку в аудитории и на этой основе организовать оживленный обмен мнениями, полемику и дискуссию по основным вопросам плана занятия;
- всеми мерами развивать и поощрять активность обучающихся, добиваться их внимательного и критического отношения к выступлениям товарищей;
- обеспечивать проблемную постановку вопросов и разрешение их путем раскрытия противоречий реальной жизни;
- добиваться свободного выступления студентов, способности к логическому анализу и оценке своих выступлений и выступлений товарищей по группе.

Данный вид учебных занятий предполагает широкое использование средств наглядности и иллюстративного материала, с помощью средств наглядности удается достигать высокой степени эмоционального воздействия на обучающихся.

Студентам предлагается подготовить презентацию на заранее определенную тему. После выступления предусмотрено активное обсуждение и выполнение экспресс-теста, также разработанного с участием студентов. Перечень тем выступлений приведен в приложении. Там же приведены требования к оформлению презентации.

Курс ведется с применением элементов электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. На лабораторных и практических занятиях используются компьютеры, на которых установлена среда программирования «МАТЛАБ», а также устройства для оцифровки и записи в файлы акустических сигналов.

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

**(36 час.)**

**МОДУЛЬ 1. Элементы теории сигналов (36 час.).**

## **Раздел 1 Описание сигналов (8 час.).**

### **Тема 1. Обзор математического аппарата, используемого при решении задач обработки сигналов (4 час.).**

Введение. Краткий обзор курса. Математический аппарат теории функций. Математический аппарат теории вероятностей и теории случайных процессов. Плотности распределения, моменты, квазимоменты, производящие функции. Закон больших чисел. Неравенство Чебышева. Центральная предельная теорема. Условие Линдберга. Описание случайных процессов. Многомерные плотности распределения. Корреляционная теория случайных процессов. Стационарные в широком и узком смысле, эргодические, марковские и гауссовские случайные процессы.

### **Тема 2. Сообщения и сигналы (2 час.).**

Сообщения и сигналы. Анализ и синтез сигналов. Математические и физические модели сообщений и сигналов. Основные параметры сигналов и их моделей (длительность, полоса частот, динамический диапазон). Практические методы оценки длительности, полосы частот и динамического диапазона. Эффективная длительность, эффективная полоса частот. Понятие случайного сигнала. Подходы к описанию случайных сигналов на основе теории случайных процессов. Модели случайных сигналов. Использование гауссовского случайного процесса в качестве модели помехи. Белый шум. Окрашенный шум.

### **Тема 3. Системы и каналы связи (2 час.)**

Системы связи, назначение, основные характеристики. Каналы передачи информации. Модели каналов передачи информации. Симметричные и несимметричные каналы. Характеристики каналов и систем передачи информации. Объем сигнала, объем канала.

Условия неискаженной передачи сигналов. Помехи и искажения в канале. Принципиальная невозможность полного устранения помех. Ослабление помех, как его можно представить и описать. Виды искажений и помех. Модели искажений и помех. Амплитудные, фазовые, частотные, временные и нелинейные искажения. Аддитивные, мультипликативные и смешанные помехи. Замирания.



Характеристики замираний. Многолучевость в радиосвязи и в гидроакустике. Поверхностные волны. Реверберация, физическое объяснение, виды реверберации: донная, объемная, поверхностная.

## **Раздел 2. Спектральный и корреляционный анализ (16 час.).**

### **Тема 1. Математические основы спектрального анализа (2 час.).**

Разложение произвольного сигнала по заданной системе функций. Разложение в ряд, произведение и цепную дробь. Физические примеры, когда какое разложение более удобно.

Понятие спектра. Выбор базисных функций для разложения в спектр. Гармонические функции, целесообразность их применения при описании линейных и нелинейных устройств. Спектр детерминированного сигнала, его обобщения. Элементы теории функций комплексного переменного, интегрирование в комплексной плоскости. Преобразование Фурье. Ряд и интеграл Фурье. Преобразование Лапласа как обобщение преобразования Фурье. Обобщенный ряд Фурье. Неравенство Бесселя. Аналогии с другими областями науки.

### **Тема 2. Анализ и синтез сигналов (2 час.).**

Анализ и синтез. Общие положения. Модели сигналов: сумма, произведение, цепная дробь, свертка, система с обратными связями. Корректные и некорректные постановки задачи. Некорректность задач синтеза. Методы решения некорректных задач, регуляризация по Тихонову. Методы анализа и синтеза функций, пригодные для моделирования сигналов. Выбор системы функций для анализа и синтеза. Гармонический анализ и гармонический синтез периодических процессов. Примеры: одиночный прямоугольный импульс, последовательность прямоугольных импульсов, радиоимпульсы. Распределение мощности в спектре периодического сигнала. Равенство Парсеваля.

**Тема 3. Гармонический анализ и синтез непериодических процессов (2 час.).**

Интеграл Фурье. Корректные и некорректные задачи анализа и синтеза радиотехнических цепей (подробно). Минимально-фазовые и неминимально-фазовые устройства (кратко, с точки зрения теории сигналов) применительно к задачам моделирования и синтеза сигналов. Примеры и применение неминимально-фазовых устройств, «перекрещенные» цепи. Фазовые корректоры, необходимость их применения в системах передачи изображений. Комплексный, амплитудный и фазовый спектры, их физическое толкование. Неоднозначность представления фазового спектра. Развертывание фазы. Различные формы записи спектров.

#### **Тема 4. Свойства преобразования Фурье (2 час.).**

Сдвиг сигнала по времени, растяжение-сжатие сигнала во времени, сложение сигналов, умножение сигналов, свертка, смещение по времени, дифференцирование и интегрирование. Основные формулы. Примеры. Спектры различных импульсов: прямоугольный, треугольный, гауссовский. Спектры последовательностей импульсов, их изменение при увеличении количества импульсов. Распределение энергии в спектре непериодического сигнала. Математические обобщения. Целые функции. Аналогии с другими областями науки.

#### **Тема 5. Спектральный анализ случайных сигналов. (2 час)**

Математические модели случайных сигналов (кратко). Измерение и оценивание характеристик спектра случайных сигналов. Энергетический спектр, его физическая трактовка. Сложение и умножение случайных сигналов. Взаимный спектр, его физическая трактовка. Необходимость усреднения для получения состоятельных оценок. Методы вычисления энергетического и взаимного спектров. Метод периодограмм, метод Уэлча. Методы усреднения спектров. Использование окон. Обобщенный спектральный анализ. Вэйвлет-анализ сигналов (2 час.).

#### **Тема 6. Сравнение сигналов (1 час.).**

Задачи, в которых возникает необходимость сравнения сигналов. Различные подходы к постановке задач сравнения. Варианты математическое описание

степени «похожести» и различия сигналов. Критерии «похожести», применяемые на практике. Минимаксный критерий и критерий минимума среднеквадратического отклонения. Использование временных и частотных окон и весовых функций для выделения наиболее важных элементов сигналов. Взвешенный критерий минимума среднеквадратического отклонения, его физический смысл применительно к теории сигналов, преимущества и недостатки.

### **Тема 7. Корреляционный анализ (1 час.).**

Понятие корреляции как меры связи между сигналами. Примеры из оптики и радиофизики. Временная корреляция. Временные автокорреляционные и взаимокорреляционные функции. Корреляционный анализ периодических и непериодических детерминированных процессов. Статистическая корреляция, корреляционные и «некорреляционные» связи. Корреляционный анализ случайных процессов (начало).

### **Тема 8. Теорема Винера-Хинчина (1 час.).**

Корреляционная теория случайных процессов (продолжение). Теорема Винера-Хинчина. Взаимная корреляция. Взаимный спектр. Физическая трактовка модуля, аргумента, действительной и мнимой частей взаимного спектра. Оценка степени достоверности результатов. Получение состоятельных оценок спектров. Связь между корреляционным и спектральным анализами. Практические применения корреляционного анализа. Определение передаточных характеристик устройств по результатам оценивания спектров на входе и выходе. Аналогии с другими областями науки.

## **Раздел 3. Модулированные сигналы. (2 час.).**

### **Тема 1. Огибающая и фаза (1 час.).**

Обоснование возможности введения огибающей и фазы для узкополосных сигналов. Огибающая и фаза, неоднозначность их представления. Методы выделения огибающей и фазы, возможные подходы, подход В.И. Тихонова. Использование преобразования Гильберта для выделения огибающей и фазы.

Программная и аппаратная реализация преобразования Гильберта, примеры практического применения в высококачественных радиовещательных приемниках. Аналогии с другими областями науки.

### **Тема 2. Радиосигналы (1 час.).**

Узкополосные, широкополосные и сверхширокополосные сигналы, определения, примеры. Детерминированные сигналы с АМ, ЧМ, ФМ. Случайные сигналы с АМ, ЧМ, ФМ. Модуляция и демодуляция. Параметры модуляции, перемодуляция. Разновидности АМ. Квадратурная модуляция. Практические способы модуляции и демодуляции сигналов. Влияние помех. Пороговые эффекты при демодуляции зашумленных сигналов. Многократная модуляция. Рекомендуемые для использования методы модуляции.

## **Раздел 4. Цифровая обработка сигналов. (12 час.).**

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

Методы дискретного представления непрерывных функций. Выбор базисных функций для дискретизации. Общий подход. Оптимальный выбор базисных функций. Теорема Котельникова. Частота Найквиста. Равномерные и неравномерные отчеты. Шумы квантования. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Использование методов теории целых функций для построения высокоэффективных алгоритмов дискретизации сигналов.

### **Тема 2. Дискретная обработка сигналов (1 час.).**

Различные подходы к математическому описанию дискретизированных сигналов. Элементы теории  $z$ -преобразования как основы математического описания дискретных сигналов. Цифровая обработка сигналов. Обобщенный алгоритм цифровой обработки сигналов. Спектр дискретизированного сигнала. Преобразование алгоритмов обработки аналоговых сигналов для использования их для обработки цифровых сигналов. Примеры, когда это преобразование технически нереализуемо.

### **Тема 3. Быстрое преобразование Фурье (2 час.).**

Математический аппарат вычислительной математики. «Быстрые» вычислительные алгоритмы. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье. Анализ формул прямого и обратного преобразований Фурье с позиций вычислительной математики. Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Алгоритмы БПФ с прореживанием по времени и по частоте, базовые операции БПФ. Алгоритмы БПФ по произвольному основанию. Высокоэффективные алгоритмы БПФ, их сравнительный анализ.

#### **Тема 4. Временные окна (1 час.).**

Весовые функции и окна, элементы общей теории окон. Физическая трактовка влияния окон на результаты спектрального анализа. Обоснованность использования временных окон для повышения качества спектрального анализа. Требования к оптимальному окну. Связь между разрешающей способностью и уровнем боковых лепестков. Окна Хэмминга, Ханна, Кайзера, Чебышева, Блэкмана. Общий подход к использованию окон.

#### **Тема 5. Современные методы спектрального оценивания (2 час.).**

Пояснение терминологии. Задачи измерения и оценивания физических величин. Ограничения классических методов спектрального анализа. Модели сигналов. Спектральное оценивание, при котором используются или не используются параметры модели сигнала. Методы оценивания параметров моделей сигналов. Квазиспектры. Обзор непараметрических и параметрических методов спектрального оценивания. Методы AP, CC, APCC, MUSIC.

#### **Тема 6. Описание свойств четырехполосников (1 час.).**

Повторение материала из теории электрических цепей. Описание свойств линейных и нелинейных четырехполосников. Использование преобразования Фурье и преобразования Лапласа для вычисления коэффициента передачи четырехполосника. Связь между коэффициентом передачи и импульсной характеристикой. Минимально-фазовые и неминимально-фазовые четырехполосники (с точки зрения теории цепей, применительно к теории фильтров). Примеры неминимально-фазовых цепей. Фазовые корректоры.

#### **Тема 7. Электрические фильтры (2 час.).**

Коэффициент передачи, АЧХ, ФЧХ, импульсная и переходная характеристики фильтров. Аппроксимация частотных характеристик. Фильтры Баттерворта, Чебышева, инверсные Чебышева, эллиптические, Бесселя. АЧХ, ФЧХ, импульсная и переходная характеристики фильтров. Карта нулей и полюсов передаточной характеристики. Практическая реализация фильтров, вопросы устойчивости фильтров.

### **Тема 8. Цифровые фильтры (2 час.).**

КИХ и БИХ фильтры. Фильтры общего вида. Свойства КИХ и БИХ фильтров первого и второго порядков. АЧХ, ФЧХ, импульсная и переходная характеристики цифровых фильтров. Карта нулей и полюсов передаточной характеристики. Вопросы реализуемости фильтров, влияние округления коэффициентов на характеристики фильтров. Устойчивость КИХ и БИХ фильтров. Программная и аппаратная реализация цифровых фильтров.

## **МОДУЛЬ 2. Статистическая обработка сигналов. (33 час.)**

### **Раздел 1. Статистическая обработка сигналов. (33 час.)**

**Тема 1. Введение. Общая характеристика задач статистической обработки сигналов. Математический аппарат (2 час.).**

Введение. Общая характеристика задач статистической обработки сигналов в радиолокационных и гидролокационных устройствах. Различные подходы к постановке задач обработки сигналов. Обнаружение сигналов, оценка параметров сигналов. Оптимизация систем обработки сигналов. Понятие оптимальной системы. Математический аппарат математической статистики Основные понятия. Альтернативные подходы. Теория вероятностей и теория возможностей. Теория проверки статистических гипотез.

### **Тема 2. Критерии качества систем обнаружения сигналов (2 час.).**

Критерии качества систем обнаружения сигналов (Байеса, минимаксный, максимума апостериорной вероятности, максимального правдоподобия, Неймана-Пирсона, Вальда). Априорные и апостериорные вероятности. Стоимость решения. Работа в условиях неопределенности.

**Тема 3. Проверка простой гипотезы против простой альтернативы при фиксированном размере выборки (2 час.).**

Проверка простой гипотезы против простой альтернативы при фиксированном размере выборки. Метод моментов, метод максимального правдоподобия. Универсальность статистики отношения правдоподобия. Порог обнаружения. Вероятности правильных и ошибочных решений при проверке простой гипотезы против простой альтернативы.

**Тема 4. Обнаружение и различение сигналов с полностью известными параметрами (2 час.).**

Обнаружение и различение сигналов с полностью известными параметрами. Отношение правдоподобия, использование модели гауссовской помехи, вывод упрощенного выражения для описания алгоритма. Варианты построения схемы обнаружителя сигналов. Схема различителя сигналов. Согласованные фильтры. Аппаратная и программная реализация согласованных фильтров. Согласованные фильтры на ПАВ. Различение сигналов с полностью известными параметрами.

**Тема 5. Помехоустойчивость обнаружителей и различителей сигналов с полностью известными параметрами (2 час.).**

Помехоустойчивость обнаружителей и различителей сигналов с полностью известными параметрами. Вероятностные характеристики обнаружения и различения. Помехоустойчивость систем передачи информации с АМ, ЧМ, ФМ.

**Тема 6. Обнаружение и различение сигналов с неизвестными параметрами (4 час.).**

Обнаружение и различение сигналов с неизвестными параметрами. Отношение правдоподобия. Преодоление априорной неопределенности. Использование модели гауссовской помехи, вывод упрощенного выражения для описания алгоритма. Варианты построения схема обнаружителя сигналов. Схема различителя сигналов. Помехоустойчивость обнаружителей и различителей сигналов с неизвестными параметрами. Вероятностные характеристики обнаружения и различения.

**Тема 7. Обнаружение и различение стохастических сигналов (3 час.).**

Обнаружение и различение стохастических сигналов. Отношение правдоподобия. Преодоление априорной неопределенности. Использование модели гауссовской помехи, вывод упрощенного выражения для описания алгоритма. Варианты построения схема обнаружителя сигналов, энергетический и корреляционный приемники. Схема различителя сигналов. Определение порога срабатывания обнаружителя. Аналогии с другими областями науки. Радиометры.

#### **Тема 8. Функция неопределенности (2 час.).**

Понятие оптимальности и оптимального сигнала. Постановка задачи синтеза оптимального локационного сигнала. Разрешающая способность по дальности и угловой скорости. Функция неопределенности Вудворта, ее свойства. Выбор оптимального сигнала для задач связи, радиолокации, гидролокации.

#### **Тема 9. Обоснование выбора формы локационных сигналов (2 час.).**

Обоснование выбора формы локационных сигналов. Сигналы с внутриимпульсной модуляцией. Сигналы с внутриимпульсной частотной модуляцией. ЛЧМ, ПЧМ, ГЧМ сигналы. Примеры биолокационных сигналов с внутриимпульсной модуляцией. Локационные сигналы морских млекопитающих и летучих мышей.

#### **Тема 10. Оценка параметров сигналов Математический аппарат (2 час.).**

Понятие статистической оценки. Свойства статистических оценок. Состоятельность, несмещенность, достаточность, эффективность. Неравенство Рао-Крамера. Оценка параметров сигналов как статистическая задача. Методы получения оценок в задачах обработки сигналов.

#### **Тема 11. Оптимальная фильтрация сигналов (2 час.).**

Что такое оптимальная фильтрация. Фильтрация как статистическая задача. Выделение сигналов на фоне помех. Фильтр Колмогорова-Винера, его практическая реализация. Фильтр Калмана, его практическая реализация.

#### **Тема 12. Обработка многомерных сигналов (2 час.).**



Многомерный статистический анализ и его применение для обработки многомерных сигналов. Анализ многомерных данных. Методы снижения размерности пространства описаний. Современные достижения.

### **Тема 13. Обработка изображений (2 час.).**

Математическое описание изображений и их элементов. Яркость, контрастность, четкость, рельеф, контур изображения. Описание цветных объектов. Системы RGB и CMYK. Распознавание образов. Элементы теории нейронных сетей. Вэйвлет-анализ изображений.

### **Тема 14. Пространственно-временная обработка сигналов (2 час.).**

Математическое описание пространственно-временных сигналов. Модель Крона-Шермана и ее обобщения. Пространственно-временная фильтрация. Оптимизация характеристик приемной антенны для задач обнаружения и пеленгования. Современные достижения в области пространственно-временной обработки сигналов.

### **Тема 15. Аппаратные средства и комплексы обработки сигналов (2 час.).**

Принципы построения ЦВС обработки сигналов. Обзор современных устройств обработки сигналов по материалам отечественной и зарубежной печати. Перспективы развития теории и техники обработки сигналов и изображений.

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

### **Практические занятия (51 час.)**

#### **Занятие 1. Спектральный анализ детерминированных сигналов (4 час.).**

Разработка и подробный разбор фрагментов программы для спектрального анализа детерминированных сигналов в среде МАТЛАБ. Выбор и обоснование алгоритма вычисления БПФ. Выбор временных окон. Определение длительности фрагмента сигнала, необходимой для получения заданной разрешающей способности по частоте при использовании различных окон.

**Занятие 2. Спектральный анализ случайных сигналов (4 час.).**

Особенности спектрального анализа случайных сигналов. Разработка и подробный разбор фрагментов программы для спектрального анализа случайных сигналов в среде МАТЛАБ. Выбор и обоснование алгоритма вычисления БПФ. Выбор временных окон. Определение длительности фрагмента сигнала, необходимой для получения заданной разрешающей способности по частоте.

**Занятие 3. Корреляционный анализ детерминированных и случайных сигналов (4 час.).**

Особенности корреляционного анализа детерминированных и случайных сигналов. Вычисление корреляционной функции с использованием теоремы Винера-Хинчина. Разработка и подробный разбор фрагментов программы для корреляционного анализа случайных сигналов в среде МАТЛАБ.

**Занятие 4. Ввод информации в систему цифровой обработки информации (4 час.).**

Разработка и подробный разбор фрагментов программы для ввода детерминированных и случайных сигналов в среде МАТЛАБ. Влияние частоты дискретизации. Обоснование выбора частоты дискретизации. Стробоскопический эффект, наложение спектров.

**Занятие 5. Цифровая фильтрация (4 час.).**

Расчет коэффициентов КИХ и БИХ фильтров в среде МАТЛАБ с использованием пакета fdatool. Влияние округления на характеристики фильтров. Анализ устойчивости цифровых фильтров. Разработка и подробный разбор фрагментов программы для цифровой фильтрации случайных сигналов в среде МАТЛАБ.

**Занятие 6. Статистический анализ случайных сигналов (4 час.).**

Особенности вычисления статистических характеристик сигналов. Вычисление оценок моментов распределения. Вычисление оценок плотностей распределения. Разработка и подробный разбор фрагментов программы для статистического анализа случайных сигналов в среде МАТЛАБ.

**Занятие 7. Измерение параметров сигналов (4 час.).**

Практические аспекты измерения параметров сигналов. Оценивание параметров сигналов, когда нельзя провести измерения. Разработка и подробный разбор фрагментов программы для оценивания параметров случайных сигналов в среде МАТЛАБ.

**Занятие 8. Статистическая обработка сигналов (4 час.).**

Разработка и подробный разбор фрагментов программы для обнаружения модельного сигнала с полностью известными параметрами в среде МАТЛАБ.

**Занятие 9. Статистическая обработка сигналов (4 час.).**

Разработка и подробный разбор фрагментов программы для обнаружения модельного сигнала с полностью известными параметрами в среде МАТЛАБ.

**Занятие 10. Статистическая обработка сигналов (4 час.).**

Разработка и подробный разбор фрагментов программы для обнаружения модельного сигнала с неизвестными амплитудой и начальной фазой в среде МАТЛАБ.

**Занятие 11. Статистическая обработка сигналов (4 час.).**

Разработка и подробный разбор фрагментов программы для обнаружения стохастического сигнала (корреляционный приемник) в среде МАТЛАБ.

**Занятие 12. Статистическая обработка сигналов (4 час.).**

Разработка и подробный разбор фрагментов программы для обнаружения стохастического сигнала (энергетический приемник) в среде МАТЛАБ.

**Занятие 3. Обработка изображений (3 час.).**

Подробный разбор математического описания параметров изображений: яркость, контрастность, четкость, рельеф, контур. Разбор алгоритмов определения этих характеристик. Разработка и подробный разбор фрагментов программы для обработки изображений в среде МАТЛАБ.

**Лабораторные работы (18 час.)**

**Лабораторная работа № 1 Спектральный анализ детерминированных сигналов (2 час.).**

Моделирование детерминированного сигнала, состоящего из отрезков синусоид в среде МАТЛАБ. Вычисление амплитудного и фазового спектров модельного сигнала в среде МАТЛАБ. Анализ влияния временных окон.

**Лабораторная работа № 2 Спектральный анализ случайных сигналов (2 час.).**

Запись окружающего шума средствами МАТЛАБ. Спектральный анализ полученных записей. Оценка энергетического спектра. Анализ влияния временных окон, количества усреднений и степени перекрытия на результаты оценивания.

**Лабораторная работа № 3 Корреляционный анализ детерминированных и случайных сигналов (2 час.).**

Вычисление корреляционной функции модельного детерминированного сигнала в среде МАТЛАБ. Оценка корреляционной функции записи окружающего шума в среде МАТЛАБ.

**Лабораторная работа № 4 Дискретизация сигналов и ввод информации в среде МАТЛАБ (2 час.).**

Исследование различных устройств ввода аналоговых сигналов. Исследование влияния частоты дискретизации на форму сигнала.

**Лабораторная работа № 5 Цифровая фильтрация сигналов в среде МАТЛАБ (2 час.).**

Расчет коэффициентов КИХ и БИХ фильтров с заданными характеристиками. Расчет АЧХ, ФЧХ, импульсных характеристик КИХ и БИХ фильтров. Фильтрация модельных детерминированных и случайных сигналов КИХ и БИХ фильтрами. Анализ полученных результатов.

**Лабораторная работа № 6 Статистический анализ случайных сигналов в среде МАТЛАБ (2 час.).**

Вычисление оценок мат. ожидания, дисперсии, корреляционной функции модельных случайных сигналов. Исследование влияния усреднения на устойчивость получаемых результатов. Исследование статистических характеристик выбросов модельного случайного сигнала.

### **Лабораторная работа № 7 Измерение параметров сигналов в среде МАТЛАБ (2 час.).**

Формирование модельного сигнала, состоящего из суммы программно генерируемого белого и окрашенного шума и прямоугольных, а также синусоидальных импульсов. Оценивание длительности и времени поступления импульсов.

### **Лабораторная работа № 8 Обработка изображений (4 час.).**

Исследование алгоритмов изменения контрастности, четкости, оконтуривания и формирования рельефа фрагментов изображений в среде Матлаб.

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

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Акустические сигналы и методы их обработки» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

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

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

требования к представлению и оформлению результатов курсовой работы;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

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

| №<br>п/п | Контролируемые<br>модули/ разделы / | Коды и этапы формирования<br>компетенций | Оценочные средства -<br>наименование |
|----------|-------------------------------------|--|--------------------------------------|
|----------|-------------------------------------|--|--------------------------------------|

|   | темы дисциплины   |                                |         | Текущий контроль            | Промежуточная аттестация        |
|---|---|--------------------------------|---------|-----------------------------|---------------------------------|
| 1 | Модуль 1.<br>Раздел 1.<br>Описание сигналов   | ОПК-1<br>ОПК-3<br>ПК-2         | Знает   | Выполнение ЛР, работа на ПЗ | Защита ЛР<br>Экзамен            |
|   |   |                                | Умеет   | Выполнение ЛР, работа на ПЗ | Защита ЛР<br>Экзамен            |
|   |   |                                | Владеет | Выполнение ЛР, работа на ПЗ | Защита ЛР<br>Экзамен            |
| 2 | Модуль 1.<br>Раздел 2.<br>Спектральный и корреляционный анализ  | ОПК-1<br>ОПК-3<br>ПК-2         | Знает   | Выполнение ЛР, работа на ПЗ | В Защита ЛР<br>Экзамен          |
|   |   |                                | Умеет   | Выполнение ЛР, работа на ПЗ | Защита ЛР<br>Экзамен            |
|   |   |                                | Владеет | Выполнение ЛР, работа на ПЗ | Защита ЛР<br>Экзамен            |
| 3 | Модуль 1.<br>Раздел 3.<br>Модулированные сигналы.<br>Модуль 1.<br>Раздел 4.<br>Цифровая обработка сигналов. | ОПК-1<br>ОПК-3<br>ПК-2         | Знает   | Выполнение ЛР, работа на ПЗ | Защита ЛР<br>Экзамен            |
|   |   |                                | Умеет   | Выполнение ЛР, работа на ПЗ | Защита ЛР<br>Экзамен<br>Экзамен |
|   |   |                                | Владеет | Выполнение ЛР, работа на ПЗ | Защита КР<br>Экзамен            |
| 4 | Модуль 2.<br>Раздел 1.<br>Статистическая обработка сигналов.  | ОК-12<br>ПК-6<br>ПК-9<br>ПК-10 | Знает   | Выполнение КР, работа на ПЗ | Защита КР<br>Экзамен            |
|   |   |                                | Умеет   | Выполнение КР, работа на ПЗ | Защита КР<br>Экзамен            |
| 5 | Модуль 2.<br>Раздел 1.<br>Статистическая обработка сигналов.  | ОК-12<br>ПК-6<br>ПК-9<br>ПК-10 |         | Выполнение КР, работа на ПЗ | Защита КР<br>Экзамен            |
|   |   |                                |         | Выполнение КР, работа на ПЗ | Защита КР<br>Экзамен            |
|   |   |                                |         | Выполнение КР, работа на ПЗ | Защита КР<br>Экзамен            |
| 6 | Модуль 2.<br>Раздел 1.<br>Статистическая обработка сигналов.  | ОК-12<br>ПК-6<br>ПК-9<br>ПК-10 |         | Выполнение КР, работа на ПЗ | Защита КР<br>Экзамен            |
|   |   |                                |         | Выполнение КР, работа       | Защита КР<br>Экзамен            |

|  |  |  |  |                             |                      |
|--|--|--|--|-----------------------------|----------------------|
|  |  |  |  | на ПЗ                       |                      |
|  |  |  |  | Выполнение КР, работа на ПЗ | Защита КР<br>Экзамен |

Предусмотрено проведение на первом лекционном занятии диагностики остаточных знаний по темам, перечисленным в начальных требованиях к освоению дисциплины. Разработаны тесты и вопросы для контрольных опросов по каждой теме, ряд тестов проверки СРС.

Типовые вопросы, 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.

#### **IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **Основная литература**

1. Басараб, М.А. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях [Электронный ресурс] : монография / М.А. Басараб, В.К. Волосюк, О.В. Горячкин. - Электрон. дан. - М. : Физматлит, 2007. - 544 с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2215](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2215) - Загл. с экрана.

2. Тропченко, А.Ю. Цифровая обработка сигналов. Методы предварительной обработки [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Ю. Тропченко, А.А. Тропченко. — Электрон. дан. — Спб. : НИУ ИТМО (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики), 2009. — 88 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=40707](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=40707) — Загл. с экрана.

3. Смит С. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников [Электронный ресурс] : учебник. — Электрон.

дан. — М. : Додэка-XXI, 2011. — 720 с. — Режим доступа:  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=40967](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=40967) — Загл. с экрана.

### Дополнительная литература

1. Баранов, В.Н. Современные технологии обработки биомедицинских сигналов [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Н. Баранов, М.С. Бочков, В.А. Акмашев. — Электрон. дан. — Тюмень : ТюмГНГУ (Тюменский государственный нефтегазовый университет), 2013. — 80 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=55419](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=55419) — Загл. с экрана.

1. Дятлов, А.П. Корреляционная обработка широкополосных сигналов в автоматизированных комплексах радиомониторинга [Электронный ресурс] : / А.П. Дятлов, Б.Х. Кульбикаян. — Электрон. дан. — М. : Горячая линия-Телеком, 2013. — 332 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=55665](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=55665) — Загл. с экрана.

3. Фурман, Я.А. Комплекснозначные и гиперкомплексные системы в задачах обработки многомерных сигналов [Электронный ресурс] : / Я.А. Фурман, А.В. Кревецкий, А.А. Роженцов [и др.]. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2004. — 456 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2732](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2732) — Загл. с экрана.

4. Стивен Смит Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников. Додэка XXI, 2008. — 720 с. [ISBN 978-5-94120-145-7](#), [ISBN 0-750674-44-X](#)

5. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. — 2-е. — СПб.: [Питер](#), 2007. — С. 751. — [ISBN 5-469-00816-9](#).

6. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. Изд. 2-е, испр. — М.: Техносфера, 2007. — 856 с. [ISBN 978-5-94836-135-2](#)

7. Пугачев В.С. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Физматлит, 2002.



8. Обнаружение радиосигналов Под ред. А.А.Колосова. М.: Радио и связь, 1989.
9. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Советское радио, 1975 - т. 1; т. 2 - гл. 1-5.
- 10 Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. М.: Радио и связь, 1982 - гл. 3.
11. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов.М.: Радио и связь, 1983.
- 12 Теория обнаружения сигналов. Под ред. П.А.Бакута.М. Радио и связь, 1984.
13. Коростелев А.А. Пространственно-временная теория радиосистем.М.: Радио и связь, 1987.
14. Ольшевский В.В. Статистические методы в гидролокации.Л.: Судостроение, 1983 - гл. 3, 7.
15. Ольшевский В.В. Статистические свойства морской реверберации.М.: Наука, 1966.
16. Ван Трисс Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции. т. 1 М.: Советское радио, 1975.
17. Ван Трисс Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции. т. 3 М.: Советское радио, 1977 - гл. 2.
18. Розов А.К. Обнаружение сигналов в нестационарных гидроакустических условиях.Л.: Судостроение, 1987.
19. Евтютов А.П., Митько В.Б.Инженерные расчеты в гидроакустике.Л.: Судостроение, 1988.
20. Зюко А.Г. Помехоустойчивость и эффективность систем связи. М.: Связь, 1972 - гл. 2, 4.
21. Зюко А.Г. Теория передачи сигналов. М.: Связь, 1980 - гл. 4.
22. Коржик В.И. и др. Расчет помехоустойчивости систем передачи дискретных сообщений.Справочник. Под.ред. Л.М. Финка.М.: Радио и связь, 1981 - гл. 1-4.

- 23 Барк А.С. и др. Таблицы распределения Рэлея-Райса. М.: Вычислительный центр АН СССР, 1965.
24. Урик Дж. Основы гидроакустики. Л.: Судостроение, 1976 - гл. 7, 10.
25. Бурдик В.С. Анализ гидроакустических систем. Л. Судостроение, 1988.
26. Клещев А.А., Клюкин И.И. Основы гидроакустики. Л.: Судостроение, 1987.
27. Осипов Л.А. Обработка сигналов на цифровых процессорах. Линейно-аппроксимирующий подход. - М: Горячая линия – Телеком, 2001.
28. Солонина А.И., Улахович Д.А., Яковлев Л.А. Цифровые процессоры обработки сигналов фирмы Motorola.- СПб.: БХВ – Петербург, 2000.
29. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Радио и связь – 1986.
30. Баскаков И.С. Радиотехнические цепи и сигналы, 1988.

### **Справочная литература**

1. Фирменная документация по среде Matlab 14.0. (файлы в pdf формате)

### **Программное обеспечение**

1. Пакет Matlab 2014, комплект документации к нему (выполнение расчетов);
2. Пакет Microsoft Office 2010 (оформление ЛР и КР).

### **Нормативно-правовые материалы**

1. Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 29-99. Государственная система обеспечения единства измерения. Метрология. Основные термины и определения. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999.-32с.
2. ГОСТ Р 51086-97 Датчики и преобразователи физических величин электронные. Термины и определения.

3. РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.

4. ГОСТ 8.010-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения.

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

1. Акустический журнал

[www.akzh.ru/](http://www.akzh.ru/)

Журнал Нано и микросистемная техника.

[http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=9293](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9293)

2. Журнал Приборы и техника эксперимента.

[http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=7954](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7954)

3. Журнал Авиакосмическая и экологическая медицина.

[http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=8353](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=8353)

4. Журнал Известия ЮФУ. Технические науки. Тематические выпуски.

[http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=26690](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=26690), <http://www.nich.tsure.ru/onti/izv.htm>

5. Журнал Биомедицинская радиоэлектроника.

[http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=25238](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=25238)

6. Журнал Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. (до 2006г.)

<http://www.radiotec.ru/catalog.php?cat=jr6>

7. Журнал Медицинская техника

[http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=8830](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=8830).

8. Электронный каталог научной библиотеки ДВФУ

<http://lib.dvfu.ru:8080/search/query?theme=FEFU>

Разработана электронная презентация лекционного курса, для демонстрации которой необходим видеопроектор, ноутбук и экран.

Лаборатория проектного моделирования, L529.

## Перечень информационных технологий т 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   |
|--|---|
| Лаборатория проектного моделирования кафедры приборостроения,<br>L529  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Microsoft Office Professional Plus 2010 – 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 R2014a - пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноимённый язык программирования, используемый в этом пакете</li> </ul> |

Разработана электронная презентация лекционного курса, для демонстрации которой необходим видеопроектор, ноутбук и экран.

Лаборатория проектного моделирования, L529.

## VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

В данном разделе приведены материалы, помогающие в последовательном изучении дисциплины «Акустические сигналы и методы их обработки»

На изучение дисциплины, кроме аудиторных занятий отводится 69 часов самостоятельной работы.

На лекциях преподаватель объясняет теоретический материал. Изложение материала направлено на формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенций. На практических занятиях преподаватель разъясняет методику и порядок выполнения расчетов, отвечает на вопросы по теме занятия. Во второй части занятия студентам предлагается работать самостоятельно, выполняя численные расчеты в среде Матлаб. Преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, подсказывает ход и метод решения. Если полученных в аудитории знаний окажется недостаточно, студент может самостоятельно повторно прочесть лекцию или соответствующее пособие, просмотреть практикум с разобранными примерами, а также прийти на плановые консультации преподавателя.

Для обеспечения систематической и регулярной работы по изучению дисциплины и успешного прохождения промежуточных и итоговых контрольных испытаний студенту рекомендуется придерживаться следующего порядка обучения:

1. Самостоятельно определить объем времени, необходимого для проработки каждой темы.
2. Регулярно изучать каждую тему дисциплины, используя различные формы индивидуальной работы.
3. Согласовывать с преподавателем виды работы по изучению дисциплины.
4. По завершении отдельных тем передавать выполненные работы преподавателю.

Теоретическая часть дисциплины раскрывается на лекционных занятиях, так как лекция является основной формой обучения, где преподавателем даются основные понятия дисциплины. Последовательность изложения материала на лекционных занятиях, направлена на формирование у студентов ориентировочной основы для последующего усвоения материала при самостоятельной работе. Во

время лекции рекомендуется составлять конспект, фиксирующий основные положения лекции и ключевые определения по пройденной теме.

Практические работы направлены на формирование у студентов навыков самостоятельной исследовательской работы. В ходе практических занятий углубляются и закрепляются знания студентов по ряду рассмотренных на лекциях общих вопросов.

В процессе подготовки к практическим занятиям студенты могут воспользоваться консультациями преподавателя.

Вопросы рабочей программы дисциплины, не включённые в аудиторную работу, должны быть изучены студентами в ходе самостоятельной работы. Контроль самостоятельной работы студентов над учебной программой курса осуществляется методом устного опроса или посредством тестирования. В ходе самостоятельной работы каждый студент обязан прочитать основную и по возможности дополнительную литературу по изучаемой теме, дополнить конспекты лекций недостающим материалом, выписками из рекомендованных первоисточников.

При изучении дисциплины «Акустические сигналы и методы их обработки» используются следующие виды самостоятельной работы студентов: поиск (подбор) литературы (в том числе электронных источников информации) по заданной теме, сравнительный анализ научных публикаций; разработка и представление презентаций по заданным темам; написание эссе, подготовка и участие в научных студенческих конференциях. Для подготовки к занятиям, текущему контролю и промежуточной аттестации студенты могут воспользоваться научной библиотекой ДВФУ, электронный каталог которой расположен по электронному адресу [www.dvfu.ru/library](http://www.dvfu.ru/library), где они имеют возможность получить доступ к учебно-методическим материалам, как библиотеки ДВФУ, так и иных электронных библиотечных систем. В свою очередь, студенты могут взять на дом необходимую литературу в библиотеке, а также воспользоваться читальными залами ДВФУ. По согласованию с преподавателем студент может подготовить доклад, презентацию или сообщение

по разделу дисциплины. В процессе подготовки студенты могут воспользоваться консультациями преподавателя. Обучение предполагает, в основном, самостоятельное изучение учебного материала студентом с использованием электронных учебно-методических пособий, а также учебников и другой справочной литературы

К экзамену по дисциплине «Акустические сигналы и методы их обработки» следует начинать с первого занятия. На экзамене преподаватель учитывает в т.ч. активность работы студента на аудиторных занятиях, качество выполнения лабораторных и самостоятельных работ, тестовых заданий и т.д.

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

Для проведения исследований, связанных с выполнением задания по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам кроме лаборатории L5296 доступно следующее лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ:

| <b>Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>         | <b>Перечень основного оборудования</b>   |
|--|--|
| Лаборатории кафедры физики, ауд. D 627   | Частотомер Ф-551А; частотомер ЧЗ-34; Частотомер ЧЗ-32; Лабораторные установки<br>Ноутбук Lenovo ThinkPad X121e Black 11.6" HD(1366x768) AMD E300.2GB DDR3.320GB  |
| Лаборатория Вычислительной техники кафедры приборостроения, ауд. E 628                     | Частотомер ЧЗ-54; Прибор С1-76; Комплект оборудования №1; Лабораторный комплект основ разработки инженерных приложений и систем сбора данных NI USB-DAQ Bundle X-series; Учебно-исследовательский комплекс модульных приборов NI Modular Instruments Kit |
| Компьютерный класс, Ауд. E628  | Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW,GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse,Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty  |
| Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10) | Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW,GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse,Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty  |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Мультимедийная аудитория E625. | Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек.<br>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; профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG; подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF Avervision; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления; беспроводные ЛВС обеспечены системой на базе точек доступа 802.11a/b/g/n 2x2 MIMO(2SS) |
|--------------------------------|---|





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

---

---

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

по дисциплине «Акустические сигналы и методы их обработки»

**Направление подготовки 12.03.01 «Приборостроение»**

Профиль «Акустические приборы и системы»

Форма обучения очная

г. Владивосток

2018

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине «Акустические сигналы и методы их обработки».

| № п/п | Дата/сроки выполнения     | Вид самостоятельной работы   | Примерные нормы времени на выполнение | Форма контроля                                     |
|-------|---------------------------|--|---------------------------------------|--|
| 1     | 1-17 недели 7-го семестра | Выполнение лабораторных работ и индивидуальных заданий, выданных на ПЗ | 27 час                                | Защита лабораторных работ и индивидуальных заданий |
| 2     | 18 неделя, сессия         | Подготовка к экзамену  | 45                                    | Экзамен  |
| 3     | 1-10 недели 8-го семестра | Выполнение курсовой работы   | 22 час                                | Защита курсовой работы                             |
| 4     | 1,3,5,8,10 недели         | Выполнение индивидуальных заданий, выданных на ПЗ                      | 20                                    | УО, выступления в рамках МАО                       |
| 5     | 11 неделя, сессия         | Подготовка к экзамену  | 36                                    | Экзамен  |

### **Программа самостоятельной работы студентов.**

Внеаудиторная самостоятельная работа включает в себя следующие формы учебной деятельности:

- проработка лекций;
- самостоятельное изучение дополнительного тематического материала курса;
- изучение основного и дополнительного теоретического материала по учебникам, пособиям, монографиям, периодической литературе;
- подготовка к практическим занятиям;
- выполнение индивидуальных заданий;

- подготовка к контрольным занятиям;
- выполнение курсовой работы
- подготовка к сдаче экзамена.

В процессе изучения курса “Акустические сигналы и методы их обработки” на практических занятиях студентам даются на самостоятельную проработку несколько тем, дополняющих лекционный курс. При выполнении индивидуальных заданий студенты должны найти и изучить дополнительную литературу, справочные материалы. В ходе обучения в семестре проводятся контрольные опросы по основным разделам курса. По окончании семестра студенты должны подготовиться к экзамену.

Текущий контроль производится путем оценки качества выполненных индивидуальных заданий, активности и результатов работы на практических занятиях, хода выполнения и оформления лабораторных работ.

По дисциплине учебным планом предусмотрены экзамены в 7 и 8 семестрах, которые сдают все студенты вне зависимости от рейтинга по результатам текущего контроля. К экзамену допускаются студенты, выполнившие и защитившие индивидуальные задания, лабораторные работы и курсовую работу. Экзамен проводится в письменной форме. Примеры экзаменационных вопросов прилагаются. Студентам доступны перечни вопросов, выносимых на экзамены.



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

---

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине «Акустические сигналы и методы их обработки»  
12.03.01 - «Приборостроение»  
Профиль Акустические приборы и системы  
Форма подготовки очная

г. Владивосток

2018

## Паспорт ФОС

| Код и формулировка компетенции   | Этапы формирования компетенции |   |
|--|--------------------------------|---|
| <p>ОПК-1<br/>способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики</p>   | Знает                          | основные методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов и данных: цифровая фильтрация, спектральный анализ, корреляционный анализ, элементы статистического анализа, предельные и реальные, достижимые на современных компьютерах возможности цифровой обработки сигналов |
|  | Умеет                          | выполнять цифровой спектральный анализ, элементы статистического анализа, реализовывать цифровые фильтры применительно к акустическим сигналам.   |
|  | Владеет                        | навыками работы с источниками акустической информации   |
| <p>ОПК-3<br/>способностью выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат</p>   | Знает                          | основные требования к устройствам оцифровки и обработки сигналов и данных, методы работы с оцифрованными сигналами.   |
|  | Умеет                          | оцифровывать и анализировать оцифрованные детерминированные и случайные акустические сигналы, записанные в файлы.   |
|  | Владеет                        | навыками графического представления результатов цифровой обработки сигналов и данных.   |
| <p>ПК-2<br/>готовностью к математическому моделированию процессов и объектов приборостроения и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов</p> | Знает                          | предельные и реально достижимые на современных компьютерах возможности методов моделирования и обработки сигналов применительно к задачам цифровой обработки акустических сигналов.   |
|  | Умеет                          | разрабатывать фрагменты программ в среде программирования «МАТЛАБ», оценивать влияние накапливающихся ошибок округления на результаты цифровой обработки сигналов.  |
|  | Владеет                        | навыками работы в среде программирования «МАТЛАБ», методами учета и коррекции ошибок округления на результаты цифровой обработки сигналов.  |

| № п/п | Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины  | Коды и этапы формирования компетенций |         | Оценочные средства - наименование |                                 |
|-------|---|---------------------------------------|---------|-----------------------------------|---------------------------------|
|       |   |                                       |         | Текущий контроль                  | Промежуточная аттестация        |
| 1     | Модуль 1.<br>Раздел 1.<br>Описание сигналов   | ОПК-1<br>ОПК-3<br>ПК-2                | Знает   | Выполнение ЛР, работа на ПЗ       | Защита ЛР<br>Экзамен            |
|       |   |                                       | Умеет   | Выполнение ЛР, работа на ПЗ       | Защита ЛР<br>Экзамен            |
|       |   |                                       | Владеет | Выполнение ЛР, работа на ПЗ       | Защита ЛР<br>Экзамен            |
| 2     | Модуль 1.<br>Раздел 2.<br>Спектральный и корреляционный анализ  | ОПК-1<br>ОПК-3<br>ПК-2                | Знает   | Выполнение ЛР, работа на ПЗ       | В Защита ЛР<br>Экзамен          |
|       |   |                                       | Умеет   | Выполнение ЛР, работа на ПЗ       | Защита ЛР<br>Экзамен            |
|       |   |                                       | Владеет | Выполнение ЛР, работа на ПЗ       | Защита ЛР<br>Экзамен            |
| 3     | Модуль 1.<br>Раздел 3.<br>Модулированные сигналы.<br>Модуль 1.<br>Раздел 4.<br>Цифровая обработка сигналов. | ОПК-1<br>ОПК-3<br>ПК-2                | Знает   | Выполнение ЛР, работа на ПЗ       | Защита ЛР<br>Экзамен            |
|       |   |                                       | Умеет   | Выполнение ЛР, работа на ПЗ       | Защита ЛР<br>Экзамен<br>Экзамен |
|       |   |                                       | Владеет | Выполнение ЛР, работа на ПЗ       | Защита КР<br>Экзамен            |
| 4     | Модуль 2.<br>Раздел 1.<br>Статистическая обработка сигналов.  | ОК-12<br>ПК-6<br>ПК-9<br>ПК-10        | Знает   | Выполнение КР, работа на ПЗ       | Защита КР<br>Экзамен            |
|       |   |                                       | Умеет   | Выполнение КР, работа на ПЗ       | Защита КР<br>Экзамен            |
| 5     | Модуль 2.<br>Раздел 1.<br>Статистическая обработка сигналов.  | ОК-12<br>ПК-6<br>ПК-9<br>ПК-10        |         | Выполнение КР, работа на ПЗ       | Защита КР<br>Экзамен            |
|       |   |                                       |         | Выполнение КР, работа на ПЗ       | Защита КР<br>Экзамен            |
|       |   |                                       |         | Выполнение КР, работа на ПЗ       | Защита КР<br>Экзамен            |
| 6     | Модуль 2.<br>Раздел 1.<br>Статистическая  | ОК-12<br>ПК-6<br>ПК-9                 |         | Выполнение КР, работа на ПЗ       | Защита КР<br>Экзамен            |

|  |                     |       |  |                             |                      |
|--|---------------------|-------|--|-----------------------------|----------------------|
|  | обработка сигналов. | ПК-10 |  | Выполнение КР, работа на ПЗ | Защита КР<br>Экзамен |
|  |                     |       |  | Выполнение КР, работа на ПЗ | Защита КР<br>Экзамен |

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

| Код и формулировка компетенции   | Этапы формирования компетенции |   | критерии   | показатели   | баллы |
|--|--------------------------------|---|--|--|-------|
| ОПК-1<br>способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики | Знает (пороговый уровень)      | Основные понятия, определения и соотношения между характеристиками сигналов: спектры, корреляция, цифровые фильтры, обнаружение сигналов.   | Знание основных понятий, определений и соотношений между характеристиками сигналов   | Сформировано знание понятий, определений и соотношений между характеристиками сигналов | 65-71 |
|  | Умеет (продвинутой)            | пользоваться основными понятиями, определениями и соотношения в области обработки сигналов: спектры, корреляция, цифровые фильтры, обнаружение сигналов, выполнять спектральный и корреляционный анализ | Умение пользоваться основными понятиями, определениями и соотношения в области обработки сигналов: спектры, корреляция, цифровые фильтры, обнаружение сигналов, выполнять спектральный и корреляционный анализ | Уверенно выполняет простейшие задачи спектрального и корреляционного анализа           | 71-84 |

|   |                           |  |  |   |        |
|---|---------------------------|--|--|---|--------|
|   | владеет (высокий)         | Уверенно пользоваться основными понятиями, определениями и соотношениями в области обработки сигналов: спектры, корреляция, цифровые фильтры, обнаружение сигналов, выполнять спектральный и корреляционный анализ | Умение пользоваться основными понятиями, определениями и соотношениями в области обработки сигналов: спектры, корреляция, цифровые фильтры, обнаружение сигналов, выполнять спектральный и корреляционный анализ, понимать принципы работы обнаружителей сигналов. | Сформировано умение анализировать, обобщать, применять знания в области обработки сигналов. | 85-100 |
| ОПК-3 способностью выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат | знает (пороговый уровень) | Основные математические методы решения задач обработки сигналов: спектральный анализ, теория вероятностей, математическая статистика.  | Наличие знаний в области математических методов  | Сформированы начальные знания в области математических методов                              | 65-71  |
|   | умеет (продвинутой)       | пользоваться методами спектрального анализа, теории вероятностей, математической статистики, пояснять физический смысл соотношений   | Наличие сформированных знаний по методам спектрального анализа, теории вероятностей, математической статистики   | Умение анализировать, обобщать, пояснять физический смысл соотношений                       | 71-84  |
|   | Владеет (высокий)         | углубленными знаниями в области спектрального анализа, теории вероятностей,  | Умение применять знания по методам спектральног  | Сформировано умение применять знания по вопросам  | 85-100 |



|  |                           |   |  |  |        |
|--|---------------------------|---|--|--|--------|
|  |                           | математической статистики, пояснять физический смысл соотношений                                      | о анализа, теории вероятностей, математической статистики, пояснять физический смысл соотношений | решения инженерных задач в области обработки сигналов.   |        |
| ПК-2<br>готовностью к математическому моделированию процессов и объектов приборостроения и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов | знает (пороговый уровень) | методы и способы моделирования и синтеза сигналов   | Наличие знаний основных методов и проведение экспериментальных исследований                      | Сформированы начальные знания в области проведения экспериментальных исследований по                         | 65-71  |
|  | умеет (продвинутой)       | работать в среде Матлаб, составлять и отлаживать простые программы.                                   | Умение определять и анализировать результаты моделирования сигналов.                             | Сформировано умение определять и анализировать результаты моделирования сигналов.                            | 71-84  |
|  | владеет (высокий)         | основными методами и приемами проведения экспериментальных исследований с использованием среды Матлаб | Умеет применять методы и приемы проведения экспериментальных исследований                        | Сформировано умение квалифицированного проведения экспериментальных исследований и численного моделирования. | 85-100 |

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

**Текущая аттестация студентов.** Текущая аттестация студентов по дисциплине «Акустические сигналы и методы их обработки» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Акустические сигналы и методы их

обработки» проводится в форме контрольных мероприятий (устного опроса, защиты индивидуальных заданий и лабораторных работ, тестирования) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

– учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);

– степень усвоения теоретических знаний;

– уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;

– результаты самостоятельной работы.

Каждому объекту оценивания присваивается конкретный балл. Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине и внесения данных в АРС. По окончании семестра студент набирает определенное количество баллов, которые переводятся в пятибалльную систему оценки.

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Акустические сигналы и методы их обработки» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Согласно учебному плану ОС ВО ДВФУ видом промежуточной аттестации по дисциплине «Акустические сигналы и методы их обработки» предусмотрен экзамен, который проводится в устной форме.

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

#### **Вопросы, выносимые на экзамены по дисциплине**

#### **“Акустические сигналы и методы их обработки”**

#### **7 семестр**

1. Сообщения и сигналы. Классификация сигналов. Параметры сигналов.
2. Системы связи, каналы связи. Условие неискаженной передачи.
3. Помехи и искажения.
4. Анализ и синтез сигналов, описание сигналов.
5. Разложение произвольного сигнала по заданной системе функций.
6. Вопросы аппроксимации, неравенство Бесселя.
7. Гармонический анализ периодических процессов.
8. Распределение мощности в спектре периодического колебания.
9. Гармонический анализ непериодических колебаний.
10. Свойства преобразования Фурье.
11. Спектр одиночного импульса.
12. Энергия непериодического сигнала, равенство Парсеваля.
13. Корреляционный анализ. Связь между корреляционной функцией и спектром.
14. Описание свойств четырехполюсников.
15. Дискретизация сигнала, теорема Котельникова.
16. Дискретная обработка сигналов, обобщенный алгоритм цифровой обработки.
17. Последовательный и параллельный методы анализа спектра.
18. Спектр дискретизированного сигнала.
19. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.
20. Быстрое преобразование Фурье.
21. Временные окна.
22. Классификация фильтров, аппроксимация частотных характеристик.
23. КИХ фильтры.
24. БИХ фильтры.
25. Реализация фильтров. Свойства КИХ и БИХ фильтров 1 порядка.
26. Огибающая и фаза, преобразование Гильберта.
27. Основные понятия теории вероятностей
28. Описание случайных событий.

29. Описание случайных величин.
30. Числовые характеристики случайных величин.
31. Нормальный закон распределения.
32. Вероятностная сходимость
33. Центральная предельная теорема.
34. Закон больших чисел.
35. Описание случайных процессов.
36. Классификация случайных процессов. Стационарные, Марковские, эргодические случайные процессы.
37. Теорема Винера-Хинчина.

### **8 семестр**

1. Постановка задач обнаружения, различения и измерения параметров сигналов.
2. Критерии качества систем обнаружения сигналов: минимума среднего риска, минимаксный, максимума апостериорной вероятности, максимального правдоподобия, Неймана-Пирсона, Вальда.
3. Выбор порогового уровня. Универсальность статистики отношения правдоподобия.
4. Алгоритм работы обнаружителя сигналов с полностью известными параметрами.
5. Корреляционный приемник.
6. Связь между коэффициентом передачи и импульсной характеристикой линейной цепи.
7. Согласованный фильтр, его АЧХ, ФЧХ, импульсная характеристика.
8. Обнаружение недвоичных сигналов.
9. Помехоустойчивость обнаружителя сигналов с полностью известными параметрами.
10. Выбор сигнала: противоположные сигналы, ортогональные сигналы, сигналы с пассивной паузой. Вероятностные характеристики их обнаружения.
11. Особенности реализации приемников ФМ.

12. Относительная фазовая модуляция (ОФМ).
13. Помехоустойчивость обнаружителей недвоичных сигналов.
14. Обнаружение сигналов с неизвестными параметрами. Постановка задачи, основные методы преодоления априорной неопределенности.
15. Отношение правдоподобия для сигнала с неизвестной начальной фазой, обнаружитель сигналов с неизвестной начальной фазой.
16. Модифицированная функция Бесселя.
17. Отношение правдоподобия для сигнала с неизвестными амплитудой и начальной фазой, обнаружитель сигналов с неизвестными амплитудой и начальной фазой.
18. Описание многомерных гауссовских плотностей вероятностей.
19. Обнаружение сигналов с неизвестными параметрами. Энергетический приемник.
20. Выбор порога обнаружения энергетического приемника.
21. Функция неопределенности.
22. Выбор оптимального зондирующего сигнала.
23. SNR на выходе антенной решетки.
24. Векторные приемники.
25. Приемные антенны с малыми волновыми размерами.
26. Шумы моря. Модели Крона-Шермана.
27. Функции пространственной корреляции шумов моря. Обоснование выбора межэлементных расстояний в приемных антенных решетках.

**Контрольные вопросы, на которые необходимо дать развернутый ответ  
(7 семестр)**

1. Сообщения и сигналы. Классификация сигналов. Параметры сигналов.
2. Системы связи, каналы связи. Условие неискаженной передачи.
3. Помехи и искажения.
4. Разложение произвольного сигнала по заданной системе функций.
5. Вопросы аппроксимации, неравенство Бесселя.

6. Гармонический анализ периодических процессов.
7. Распределение мощности в спектре периодического колебания.
8. Гармонический анализ непериодических колебаний.
9. Свойства преобразования Фурье.
10. Огибающая и фаза, преобразование Гильберта.
- 11 Энергия непериодического сигнала, равенство Парсевала.
12. Дискретизация сигнала, целые функции, теорема Котельникова.
13. Корреляционный анализ детерминированных сигналов. Связь между корреляционной функцией и спектром.
14. Сигналы с АМ. Особенности АМ.
15. Сигналы с ФМ и ЧМ. Девиация, индекс модуляции.
16. Классификация фильтров, аппроксимация частотных характеристик.
17. КИХ фильтры.
- 18 БИХ фильтры.
19. Свойства БИХ фильтра 1-го порядка.
20. Свойства КИХ фильтра 1-го порядка.
21. Основные понятия теории вероятностей.
22. Описание случайных событий.
23. Описание случайных величин.
24. Классификация случайных процессов.
25. Многомерное гауссовское распределение.
37. Критерии близости.

**Контрольные вопросы, на которые необходимо дать развернутый ответ  
(8 семестр)**

1. Постановка задач обнаружения сигналов, разделения сигналов, измерения параметров сигналов.
2. Проверка статистических гипотез.
3. Критерии качества.

4. Проверка простой гипотезы против простой альтернативы при фиксированном размере выборки. Постановка задачи.

5. Проверка простой гипотезы против простой альтернативы. Байесовское решение.

6. Проверка простой гипотезы против простой альтернативы. Критерии максимума апостериорной вероятности и максимального правдоподобия.

7. Критерий Неймана-Пирсона.

8. Обнаружение сигнала с полностью известными параметрами.

Отношение правдоподобия. Структурная схема оптимального приемника.

9. Согласованные фильтры.

10. Свойства согласованных фильтров.

11. Вероятностные характеристики обнаружения сигналов с полностью известными параметрами. Графическая интерпретация Рпо, Рлт и т.д. .

12 Вероятностные характеристики обнаружения сигналов с неизвестными амплитудой и начальной фазой.

13. Различение двоичных сигналов с полностью известными параметрами.

14. Помехоустойчивость различителей двоичных сигналов с полностью известными параметрами.

15. Помехоустойчивость АМ, ЧМ, ФМ.

16. Относительная фазовая модуляция (ОФМ).

17. Оптимальный прием недвоичных сигналов.

18. Обнаружение сигналов с неизвестными амплитудой и начальной фазой.

Постановка задачи, основные методы преодоления априорной неопределенности.

19. Отношение правдоподобия для сигнала с неизвестной начальной фазой.

Отношение правдоподобия, структурная схема оптимального приемника.

20. Обнаружение сигнала с неизвестными амплитудой и начальной фазой.

Отношение правдоподобия, структурная схема оптимального приемника.

21. Обнаружение шумоподобных сигналов. Энергетический приемник.

22. Функция неопределенности. Выбор оптимального зондирующего сигнала.

23. Оптимальная линейная фильтрация непрерывных сообщений. Фильтр Колмогорова-Винера.

24. Оценка параметров. Основные понятия.

25. Свойства оценок.

26. Неравенство Рао-Крамера.

27. Методы получения оценок.

28. Обработка многомерных данных.

29. Обработка изображений.

30. Принципы построения ЦВС обработки сигналов.

### **Контрольные тесты.**

Контрольные тесты предназначены для определения минимального уровня освоения программы дисциплины.

Ответ на вопрос при тестировании должен содержать постановку задачи и основные результаты (формулы).

1. Объем сигнала, это:

1. Произведение длительности на полосу частот и на динамический диапазон;

2. Произведение мощности на длительность;

3. Произведение мощности на полосу частот и на динамический диапазон;

4. Правильный ответ отсутствует;

2. В каких единицах измеряется энергетический спектр?

1. Дж;

2. Вт;

3  $\text{Вт/Гц}^{0,5}$ ;

4. дБ;

5. дБм;

6. Па;

7.  $\text{Па/Гц}^{0,5}$ ;



8. безразмерная величина;
9. правильный ответ отсутствует.

3. Можно ли полностью, хотя бы в принципе, полностью удалить влияние искажений?

1. да;
2. нет.

4. Можно ли полностью, хотя бы в принципе, полностью удалить влияние помех?

1. да;
2. нет;

5. Эргодический случайный процесс обязательно должен быть:

1. стационарным в узком смысле;
2. стационарным в широком смысле
3. гауссовским;
4. марковским;
5. правильный ответ отсутствует.

6. Какой сигнал обладает максимальной энтропией при заданной средней мощности?

1. гауссовский;
2. гауссовский со структурой белого шума;
3. марковский;
4. эргодический;
5. правильный ответ отсутствует.

7. Для обнаружения сигнала с полностью известными параметрами предпочтительнее использовать:

1. энергетический приемник;
2. согласованный фильтр;
3. фильтр Колмогорова-Винера;
4. правильный ответ отсутствует.

8. Для обнаружения сигнала с неизвестными параметрами предпочтительнее использовать:

1. энергетический приемник;
2. согласованный фильтр;
3. фильтр Колмогорова-Винера;
4. правильный ответ отсутствует.

9. Для фильтрации сигнала на фоне помех предпочтительнее использовать:

1. энергетический приемник;
2. согласованный фильтр;
3. фильтр Колмогорова-Винера;
4. правильный ответ отсутствует.

10. Какие статистические методы используются для построения схем обнаружителей сигналов:

1. метод моментов;
2. метод максимального правдоподобия
3. метод преобразования Фурье
4. правильный ответ отсутствует.

11. Какой из фильтров позволяет получить более резкие переходы от полосы пропускания к полосе заграждения (если фильтры имеют одинаковый порядок):

1. фильтр Баттерворта;
2. фильтр Чебышева;

3. инверсный фильтр Чебышева;
4. эллиптический фильтр;
4. фильтр Бесселя.

12. Какой из фильтров позволяет получить более плавную ФЧХ (фильтры имеют одинаковый порядок):

1. фильтр Баттерворта;
2. фильтр Чебышева;
3. инверсный фильтр Чебышева;
4. эллиптический фильтр;
5. фильтр Бесселя.

13. В каких единицах одномерная плотность распределения?

1. Дж;
2. Вт;
- 3  $\text{Вт/Гц}^{0,5}$ ;
4. дБ;
5. дБм;
6. Па;
7.  $\text{Па/Гц}^{0,5}$ ;
8. безразмерная величина;
9. правильный ответ отсутствует.

14. В каких единицах двумерная плотность распределения?

1. Дж;
2. Вт;
- 3  $\text{Вт/Гц}^{0,5}$ ;
4. дБ;
5. дБм;
6. Па;

7.  $\text{Па}/\text{Гц}^{0,5}$ ;
8. безразмерная величина;
9. правильный ответ отсутствует.

## **V. ТЕМАТИКА И ПЕРЕЧЕНЬ КУРСОВЫХ РАБОТ И РЕФЕРАТОВ**

Рефераты не предусмотрены учебным планом.

Студентами выполняется курсовая работа, посвященная расчету характеристик устройства обработки сигналов: фильтров, преобразователей сигналов, гидролокаторов различного назначения, эхолотов и устройств обработки изображений. Задания являются типовыми, меняются только схемы функциональных узлов, которые могут быть предложены преподавателем из числа типовых или самостоятельно выбраны студентом (например, по направлению его выпускной квалификационной работы, творческих интересов или в соответствии с заданием по другой дисциплине).