



ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

11.03.01 Радиотехника

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
Флёрова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент, доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Страхов С.Ю., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Страхов С.Ю., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СТАТИСТИЧЕСКАЯ РАДИОТЕХНИКА**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-2.1 — Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ

ПК-2.2 — Способен проводить программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### ПК-2.1

#### *знания:*

принципов подготовки и проведения научных исследований, экспериментов и испытаний;  
методики построения физических и математических моделей объектов научных исследований;  
методов и средств контроля работы радиоэлектронного оборудования;  
методов и средств контроля работы радиоэлектронного оборудования;  
основных логических методов и приемов научного исследования и инженерного проектирования;  
современных отечественных и зарубежных пакетов программ для решения схемотехнических задач;

#### *умения:*

организовывать проведение научных исследований, экспериментов и испытаний;  
осуществлять методологическое обоснование, планирование и подготовку научных исследований и технических разработок;  
работать с современными средствами измерения и контроля параметров радиоэлектронных приборов;

#### *навыки:*

подготовки проектной и рабочей технической документации;  
контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам,  
техническим условиям и другим нормативным документам;

проведения аппаратного макетирования, аналитических и экспериментальных работ и исследований для диагностики и оценки состояния систем радиотехники, электроники и телекоммуникаций с использованием необходимых методов и средств контроля и анализа;

проведения экспериментальных исследований радиоэлектронных устройств и систем по проверке достижимости технических характеристик, планируемых при проектировании радиоэлектронных приборов.

### ПК-2.2

#### *знания:*

средств и методик построения физических, математических и компьютерных моделей объектов научных исследований;  
законодательных актов, нормативных и методических материалов по вопросам, связанным с работой радиоэлектронного оборудования;

стандартов в области разработки и постановки изделий на производство, общих технических требований, контроля качества продукции, ЕСКД

используемых технических средств, перспективы их развития и модернизации;

отечественных и зарубежных достижений науки и техники в области разработки и производства радиоэлектронного

оборудования;

методов и средств контроля работы радиоэлектронного оборудования;

основ схемотехники;

принципов подготовки и проведения научных исследований и технических разработок, научных экспериментов и испытаний;  
требований и порядка подготовки научно-технической отчетности по результатам выполненных исследований;

#### *умения:*

планировать порядок проведения моделирования радиоэлектронных средств;  
осуществлять математическое и компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств;  
работать с программами компьютерного моделирования радиоэлектронных устройств;  
составлять научно-технические отчеты по результатам исследований;  
анализировать результаты научных исследований;

#### *навыки:*

создания математических и физических моделей радиоэлектронных систем и комплексов;  
настройки программных средств, используемых для проектирования радиоэлектронных систем и устройств;  
компьютерного моделирования радиоэлектронных устройств на схемотехническом и системотехническом уровнях;  
проведения экспериментальных исследований радиоэлектронных устройств и систем, описания процессов в них и определение

требований к устройствам и системам;

подготовки технологической и отчетной документации по результатам работ.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СТАТИСТИЧЕСКАЯ РАДИОТЕХНИКА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *11.03.01 Радиотехника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ, ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН, ЭЛЕКТРОННЫЕ И МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ И РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности
- ОПК-2 — Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных
- ОПК-3 — Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности
- ПК-2.1 — Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ
- ПК-2.2 — Способен проводить программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-2.1	ПК-2.2
4	7	<b>Раздел 1. Основные понятия статистической радиотехники.</b> 1.1. Случайные процессы и их характеристики. Определение и классификация случайных процессов. Функции распределения случайных процессов. Моменты функций распределения. Совместные функции распределения вероятностей совокупностей случайных процессов. Взаимные моменты. Стационарные и эргодические случайные процессы. Корреляционная функция стационарного случайного процесса и ее свойства. Энергетический спектр стационарного случайного процесса. Взаимные корреляционные функции, их свойства, взаимные спектры. Нормальный случайный процесс, белый шум. 1.2. Преобразование случайных процессов при прохождении их через радиотехнические цепи. Характеристики линейных цепей. Энергетические характеристики случайного процесса на выходе линейной цепи. Прохождение белого шума через линейные цепи. Прохождение белого шума через узкополосные линейные цепи. Узкополосный случайный процесс, огибающая и фаза узкополосного случайного процесса. Распределение огибающей и фазы суммы узкополосного случайного процесса и детерминированного сигнала. Преобразование плотности вероятности случайного процесса при прохождении его через нелинейные безынерционные элементы. Энергетические характеристики случайного процесса на выходе нелинейного безынерционного элемента.	51	21	14	7	30	40	40
4	7	<b>Раздел 2. Основы теории оптимального приема сигналов.</b> 2.1. Радиоприем как статистическая задача. Основные задачи теории оптимального приема сигналов. Критерии качества (оптимальности) приема сигналов. 2.2. Оценка параметра сигнала известной формы. Понятие об оптимальном приемнике измерения. Оценка неэнергетического параметра сигнала известного точно. Оптимальный приемник измерения для сигналов с неизвестными параметрами. Оценка неэнергетического параметра сигнала с неизвестной начальной фазой. Оценка доплеровского сдвига частоты сигнала с неизвестной начальной фазой. 2.3. Обнаружение сигналов. Критерии качества при обнаружении сигналов. Синтез структуры оптимального обнаружителя сигналов. Определение порога и вероятностей ошибок при оптимальном обнаружении сигналов. Обнаружение сигналов по критерию Неймана-Пирсона. 2.4. Фильтрация сигналов известной формы. Характеристики согласованного фильтра, форма сигнала на его выходе. Применение согласованных фильтров при построении оптимальных приемников оценки параметров сигналов и их обнаружения. Согласованный фильтр при белом шуме. Фильтры, согласованные с одиночными видео- и радиоимпульсами и пачкой импульсов, гребенчатые фильтры (накопители импульсных сигналов). 2.5. Понятие о последовательном анализе Вальда. Применение процедуры последовательного анализа Вальда для обнаружения сигналов. Характеристики процедуры последовательного анализа Вальда. 2.6. Фильтрация сигналов неизвестной формы. Постановка задачи фильтрации сигнала неизвестной формы. Фильтр Винера для дискретных отсчетов и непрерывного сигнала. Эффективность фильтра Винера. Модели формирования сигнала и измерения в фильтре Калмана. Уравнение одномерного стационарного фильтра Калмана. Одномерный нестационарный фильтр Калмана. Многомерный нестационарный фильтр Калмана. Пример построения фильтра Калмана для двумерного случая. 2.7. Совместная оценка нескольких параметров сигнала известной формы. Постановка задачи оценки нескольких параметров сигнала известной формы и путь ее решения в общем случае. Совместная оценка частоты и запаздывания сигнала. Функция неопределенности при совместной оценке частоты и запаздывания сигнала. Влияние формы сигнала на функцию неопределенности.	68	38	28	10	30	40	40
4	7	<b>Раздел 3. Основы теории информации.</b> 3.1. Основные понятия теории информации. Способы оценки количества информации, содержащейся в сообщении. Энтропия сообщений с дискретными и непрерывными состояниями элементов. Условная энтропия и энтропия объединения статистически зависимых сообщений. 3.2. Передача сообщений по каналам связи с помехами. Полное количество взаимной информации. Частное количество взаимной информации. Разность частных количеств взаимной информации. Обнаружение сигнала и оценка его параметра с использованием разности частных количеств взаимной информации. Скорость передачи информации по каналу связи с помехами. Пропускная способность канала связи.	25	9	9	0	16	20	20
Всего за 7 семестр			144	68	51	17	76	100	100
Всего по дисциплине			144	68	51	17	76	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основные понятия статистической радиотехники.	Прохождение случайных процессов через линейные инерционные цепи.	2
2		Прохождение случайных процессов через нелинейные безынерционные цепи.	2
3		Определение характеристик случайных процессов.	3
4	Раздел 2. Основы теории оптимального приема сигналов.	Оценка энергетических и неэнергетических параметров сигнала.	2
5		Оптимальное обнаружение и различение сигналов.	4
6		Построение согласованных фильтров для сигналов различной формы.	4
Всего за 7 семестр			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основные понятия статистической радиотехники.	Изучение особенностей дисциплины, знакомство с рекомендуемой литературой, Подготовка к практическим занятиям. Выполнение индивидуального практического задания.	30
2	Раздел 2. Основы теории оптимального приема сигналов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 2 с использованием рекомендуемой литературы, подготовка к практическим занятиям. Выполнение индивидуального практического задания.	30
3	Раздел 3. Основы теории информации.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 3 с использованием рекомендуемой литературы.	16
<b>Всего за 7 семестр</b>			76

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7					ИПЗ	ДР	Колл	Контр.Р.		ДР		ИПЗ		Контр.Р.	Колл	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание;
- Колл – коллоквиум;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание;
- коллоквиум;
- контрольная работа;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Флёрова. . Выбор зондирующего сигнала в РЛС. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.
2. А. А. Флёрова. . Основы статистической радиотехники. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, 121 экз.
3. А. И. Сенин. . Статистическая радиотехника. Примеры и задачи. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010, эл. рес.
4. А. Н. Осокин, А. Н. Мальчуков. . Теория информации. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
5. И. Ю. Попов, И. В. Блинова. . Теория информации. Санкт-Петербург: Лань, 2020, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Прикладная информатика;
2. Радиотехника – XXI век.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/book/52356> — ЭБС Лань;
2. <https://e.lanbook.com/book/10854> — ЭБС Лань.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Mathcad Prime 3.1;
2. Matlab 2015a SP1.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.



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

### **6.1. Лекционные занятия:**

1. Принтер HP-3100;
2. Принтер Epson T5100;
3. Принтер LaserJet 1100;
4. Mathcad Prime 3.1;
5. Matlab 2015a SP1.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор;
2. Интерактивная доска;
3. Принтер HP-3100;
4. Принтер LaserJet 1100;
5. Mathcad Prime 3.1;
6. Matlab 2015a SP1.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **СТАТИСТИЧЕСКАЯ РАДИОТЕХНИКА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *11.03.01 Радиотехника*. Дисциплина реализуется на факультете И Информационных и управляющих систем БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-2.1 Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ;

ПК-2.2 Способен проводить программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением основных методов обработки сигналов, принимаемых на фоне помех той или иной природы, методологией синтеза и анализа качественных показателей оптимальных устройств обнаружения, различения и оценки параметров сигналов, входящих в состав радиолокационных и радионавигационных систем и комплексов, систем передачи информации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание;
- коллоквиум;
- контрольная работа;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 з.е., **144 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**51 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**76 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 76 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Основные понятия статистической радиотехники.</b>		
Изучение особенностей дисциплины, знакомство с рекомендуемой литературой, Подготовка к практическим занятиям. Выполнение индивидуального практического задания.	А. И. Сенин. . Статистическая радиотехника. Примеры и задачи: М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010 (1 - 2) А. А. Флёрова. . Основы статистической радиотехники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (1 - 2)	30
Итого по разделу 1		30
<b>Раздел 2. Основы теории оптимального приема сигналов.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 2 с использованием рекомендуемой литературы, подготовка к практическим занятиям. Выполнение индивидуального практического задания.	А. И. Сенин. . Статистическая радиотехника. Примеры и задачи: М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010 (3 - 4) А. А. Флёрова. . Выбор зондирующего сигнала в РЛС: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1 - 4) А. А. Флёрова. . Основы статистической радиотехники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (3 - 4)	30
Итого по разделу 2		30
<b>Раздел 3. Основы теории информации.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 3 с использованием рекомендуемой литературы.	А. Н. Осокин, А. Н. Мальчуков. . Теория информации: Москва: Юрайт, 2020 (1, 6, 9, 11, 12) И. Ю. Попов, И. В. Блинова. . Теория информации: Санкт-Петербург: Лань, 2020 (1 - 5)	16
Итого по разделу 3		16

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- коллоквиум;
- контрольная работа;
- индивидуальное практическое задание;
- вопросы к экзамену;
- экзамен.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Коллоквиум

- 10 - дается полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы раздела, так и на дополнительные;
- 5 - содержание основных вопросов раздела раскрывается, но имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы;
- 0 - содержание основных вопросов раздела не раскрыто.

#### Контрольная работа

Результаты выполнения каждой контрольной работы оцениваются по четырехбалльной шкале («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно»).

Контрольная работа №1 включает в себя два теоретических вопроса и задачу. Для получения оценки «удовлетворительно» необходимо полное и правильное решение задачи и развернутый ответ на один из теоретических вопросов. Более высокая оценка формируется с учетом ответов на второй теоретический вопрос.

Контрольная работа №2 включает в себя два теоретических вопроса. Для получения оценки «удовлетворительно» необходим развернутый ответ на один из теоретических вопросов. Более высокая оценка формируется с учетом ответов на второй теоретический вопрос.

#### Индивидуальное практическое задание

12 баллов – обучающийся в установленном порядке и в полном объеме выполнил все этапы индивидуального задания; обработал расчетно-графические результаты работы, применив необходимый теоретический аппарат и сделал верные вы-воды в ходе анализа полученных результатов. Отчет сдан преподавателю в установленные сроки. Обучающийся не затрудняется с ответом на дополнительные вопросы преподавателя по теме индивидуальной работы, аргументированно излагает материал, не допуская ошибок; демонстрирует умение анализировать и интерпретировать полученные в ходе работы результаты.

8 баллов – обучающийся в установленном порядке и в полном объеме выполнил все этапы индивидуального задания; обработал расчетно-графические результаты работы, применив необходимый теоретический аппарат и сделал верные выводы в ходе анализа полученных результатов, однако наблюдались ошибки при обработке результатов или при анализе полученных результатов и формулировании выводов.

Отчет сдан преподавателю в установленные сроки. Обучающийся отвечает на дополнительные вопросы преподавателя по теме работы, но имеются неточности при ответе; имеющиеся в ответе несущественные фактические ошибки, студент способен исправить самостоятельно, благодаря наводящему вопросу.

4 балла – обучающийся в установленном порядке и в полном объеме выполнил все этапы индивидуального задания; обработал расчетно-графические результаты работы, применив необходимый теоретический аппарат и сделал верные выводы в ходе анализа полученных результатов, однако наблюдались ошибки при обработке результатов или при анализе полученных результатов и формулировании выводов.

Отчет сдан преподавателю в установленные сроки. Обучающийся отвечает на дополнительные вопросы преподавателя по теме работы; знания имеют фрагментарный характер, отличаются поверхностностью и малой содержательностью, имеются неточности при ответе на вопросы.

0 баллов – обучающийся не выполнил все этапы индивидуального задания; допустил грубые ошибки при обработке расчетно-графических результатов работы, сделал неверные выводы в ходе анализа полученных результатов. Либо отчет не был сдан преподавателю в установленные сроки. На большую часть дополнительных вопросов обучающийся затрудняется дать ответ или не дает верных ответов.

#### Вопросы к экзамену

1. Вероятностные характеристики случайного процесса.
2. Распределение совокупности двух зависимых случайных величин.
3. Стационарные и эргодические случайные процессы. Соотношение процессов.
4. Корреляционная функция случайного процесса и ее свойства. Центрированная и нормированная корреляционная функция.
5. Спектральная плотность мощности случайного процесса, ее связь с корреляционной функцией.
6. Взаимная корреляционная функция и взаимная спектральная плотность. Пример применения корреляционного анализа.
7. Нормальный случайный процесс.
8. Абсолютно случайный процесс.
9. Энергетические характеристики случайных процессов на выходе линейной цепи.
10. Прохождение белого шума через линейную цепь.
11. Узкополосный случайный процесс. Распределение огибающей и фазы узкополосного случайного процесса.
12. Огибающая и фаза суммы узкополосного шума и гармонического сигнала.
13. Преобразование плотности вероятности нелинейным безынерционным элементом.
14. Энергетические характеристики случайного процесса на выходе нелинейной безынерционной цепи. Плотность вероятности случайного процесса на выходе квадратичного детектора.
15. Энергетические характеристики случайного процесса на выходе нелинейной безынерционной цепи. Прохождение нормального случайного процесса через типовой ограничитель.
16. Радиоприем как статистическая задача. Основные задачи теории оптимального радиоприема сигналов. Задачи фильтрации, оценки параметров, различения нескольких сигналов, обнаружения сигналов.

17. Критерии качества при приеме сигналов известной формы (критерий среднего риска).
18. Оценка параметров сигнала. Понятие об оптимальном приемнике измерения.
19. Оценка неэнергетического параметра сигнала известного точно.
20. Оценка параметра сигнала с неизвестными несущественными параметрами. Прием сигнала с неизвестной начальной фазой.
21. Обнаружение сигнала. Критерии оптимальности при обнаружении сигнала (критерии среднего риска, весовой, идеального наблюдателя, Неймана-Пирсона).
22. Обнаружение сигнала известного точно.
23. Обнаружение сигнала по критерию Неймана-Пирсона.
24. Фильтрация сигнала по критерию максимума отношения сигнал/шум. Согласованные фильтры.
25. Примеры реализации согласованных фильтров: фильтр, согласованный с одиночным прямоугольным видеопульсом, одиночным радиоимпульсом, с пачкой импульсов конечной длительности.
26. Совместная оценка нескольких параметров сигнала. Общий случай.
27. Совместная оценка частоты и запаздывания сигнала. Функция неопределенности и ее свойства.
28. Оптимальный прием сигнала известной формы при небелом шуме.
29. Прием сигналов неизвестной формы (фильтрация сигналов).
30. Оценка количества информации в дискретных сообщениях.
31. Свойства энтропии сообщений. Энтропия сообщений с непрерывным распределением состояний
32. Условная энтропия статистически зависимых сообщений. Энтропия объединения двух статистически зависимых сообщений. Условная энтропия и энтропия объединения сообщений с непрерывным распределением состояний элементов
33. Передача информации по каналам связи с помехами. Передача сообщений с непрерывным распределением состояний. Решение задач обнаружения сигнала по информационному критерию.
34. Скорость передачи информации по каналу связи. Пропускная способность канала связи.

#### **Экзамен**

Экзамен включает в себя ответы на теоретические вопросы.

- оценки «отлично» заслуживает студент: обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание программного материала, свободное владение профессиональной терминологией; демонстрирующий исчерпывающее, последовательное, обоснованное и логически стройное изложение ответа без ошибок; показавший умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Студент готов отвечать на дополнительные вопросы.
- оценки «хорошо» заслуживает студент: обнаруживший полное знание программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе; демонстрирующий владение профессиональной терминологией на достаточном уровне; показавший грамотное и логичное изложение ответа, без существенных ошибок, но недостаточно систематизированное и последовательное. Студент испытывает затруднения при ответе на дополнительные вопросы.
- оценки «удовлетворительно» заслуживает студент: обнаруживший знание основного программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учёбы и предстоящей работы по профессии; справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-2.1	ПК-2.2	
4	7	Раздел 1. Основные понятия статистической радиотехники.	51	21	14	7	30	40	40	Контрольная работа, Индивидуальное практическое задание, Коллоквиум
4	7	Раздел 2. Основы теории оптимального приема сигналов.	68	38	28	10	30	40	40	Контрольная работа, Индивидуальное практическое задание
4	7	Раздел 3. Основы теории информации.	25	9	9	0	16	20	20	Вопросы к экзамену, Коллоквиум
Всего за 7 семестр			144	68	51	17	76	100	100	
Всего по дисциплине			144	68	51	17	76	100	100	

**ПК-2.1 - Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ**

№ 1 Прочитайте текст и установите последовательность

Запишите порядок действий при оценке параметра сигнала с неизвестными несущественными параметрами.

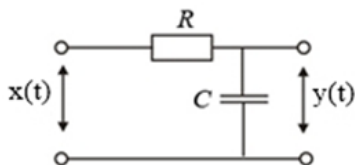
1. Вычисление отношения правдоподобия. На основе принятой реализации сигнала рассчитывается отношение правдоподобия для полностью известного сигнала.
2. Определение модели наблюдаемого сигнала. Учитываются известные и неизвестные параметры, а также механизм взаимодействия сигнала с помехой.
3. Поиск оценок параметров. Из найденного отношения правдоподобия выбираются значения, которые максимизируют его.
4. Усреднение по неизвестным параметрам. Отношение правдоподобия усредняется по всем неизвестным параметрам в соответствии с их априорным распределением.

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Что понимается под статической независимостью двух случайных величин? Как связаны их статистическая независимость и коррелированность?

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

На вход интегрирующей цепочки (RC-цепь), начиная с момента времени  $t = 0$ , воздействует случайное напряжение, представляющее собой стационарный "белый" шум.



Определить спектральную плотность процесса на выходе.

№ 4 Прочитайте текст и установите последовательность

Запишите алгоритм определения плотности вероятности огибающей и фазы узкополосного случайного процесса  $x(t)$ , имеющего нормальное распределение.

1. Перейдем от декартовых координат к полярным и определим совместную плотность вероятности огибающей и фазы этого случайного процесса.
2. Интегрируя совместную плотность вероятности огибающей и фазы по фазе, получим плотность вероятности огибающей, а интегрируя ее по огибающей, получим плотность вероятности фазы.
3. Разложим процесс  $x(t)$  на две составляющие  $\sin$ -ную и  $\cos$ -ную.
4. Найдём совместную плотность вероятности  $\sin$ -ной и  $\cos$ -ной составляющих

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Оптимальным в задаче обнаружения одиночного сигнала конечной длительности является фильтр, обеспечивающий на выходе максимальное отношение пиковой мощности сигнала к мощности шума в момент...

начала импульса;

ожидания импульса;

окончания импульса;

задержки импульса

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Задача согласованных фильтров заключается в...

воспроизведении формы полезного сигнала из смеси с шумом;

оценке вероятности наличия сигнала во входной смеси;

различении нескольких сигналов;

формировании максимально-возможного пика сигнала на шумовом фоне

№ 7 Прочитайте текст и установите соответствие

1. Закон распределения огибающей нормального узкополосного случайного процесса.
2. Закон распределения фазы узкополосного шума.
3. Закон распределения огибающей суммы узкополосного шума и гармонического сигнала.
4. Закон распределения фазы аддитивного белого гауссовского шума.

- А. Нормальное распределение.
- Б. Обобщенное распределение Релея.
- В. Равномерное распределение.
- Г. Закон Релея.

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Критерий Неймана-Пирсона при обнаружении сигнала – это...

- максимальная вероятность правильного обнаружения при заданной вероятности пропуска сигнала
- максимальная вероятность правильного обнаружения при заданных вероятностях ложной тревоги и пропуска сигнала
- максимальная вероятность правильного обнаружения при заданной вероятности ложной тревоги
- минимум вероятности общей ошибки, равной взвешенной сумме вероятности пропуска сигнала и вероятности ложной тревоги

№ 9 Прочитайте текст и установите соответствие

- 1. Гребенчатый фильтр
- 2. Согласованный фильтр
- 3. Фильтр Винера
- 4. Обеляющий фильтр

А. фильтр, минимизирующий среднеквадратичную ошибку между предполагаемым случайным процессом и желаемым. Для этого используется информация о спектральных свойствах исходного сигнала и шума.

Б. линейный оптимальный фильтр, построенный исходя из известных спектральных характеристик полезного сигнала и шума. Он предназначен для выделения сигналов известной формы на фоне шумов, при этом форма сигнала при прохождении через фильтр изменяется.

В. метод фильтрации сигналов, который преобразует помеху с неравномерной спектральной плотностью средней мощности в помеху с равномерной спектральной плотностью в полосе пропускания устройства обработки.

Г. электронный фильтр в обработке сигналов, при прохождении через который к сигналу добавляется его копия, задержанная на некоторое время. В результате получается фазовая компенсация.

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Перечислите основные свойства корреляционной функции (КФ) случайного процесса.

- 1. При  $\tau = 0$  значение КФ равно энергии сигнала:  $\lim_{\tau \rightarrow 0} B_s(\tau) = B_s(0) = E$ .
- 2. КФ является чётной функцией:  $B_s(\tau) = B_s(-\tau)$ .
- 3. Значение КФ при  $\tau = 0$  является минимально-возможным.
- 4. С увеличением аргумента  $\tau$  значение КФ убывает:  $\lim_{\tau \rightarrow \infty} B_s(\tau) = B_s(\infty) = 0$ .

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Перечислите вероятностные характеристики случайного процесса.

- 1. математическое ожидание;
- 2. дисперсия;
- 3. импеданс;
- 4. корреляционная функция.

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Выберите факторы влияющие на точность измерения дальности импульсным методом при использовании простого сигнала.

- 1. Несущая частота импульса.
- 2. Ширина полосы частот, занимаемая спектром импульса.
- 3. Длительность импульса.
- 4. Средняя мощность шума в приемном тракте.

**ПК-2.2 - Способен проводить программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов**

№ 1 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

При белом шуме отношение сигнал /шум на выходе согласованного фильтра зависит только от...

формы сигнала;



энергии сигнала;

спектральной плотности мощности шума;

длительности сигнала

№ 2 Прочитайте текст и установите последовательность

Проектирование фильтра для задачи фильтрации сигнала включает следующие этапы:

1. Схемная реализация фильтра;
2. Разработка передаточной функции;
3. Анализ и оптимизация;
4. Спецификация фильтра;
5. Расчет параметров фильтра

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Определите корреляционную функцию гармонического сигнала

$$s(t) = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad T = \frac{2\pi}{\omega_0}.$$

№ 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Каково назначение согласованных фильтров?

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Независимость случайных процессов означает...

некоррелированность;

коррелированность;

нестационарность;

стационарность

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Если сообщение известно заранее, то его энтропия равна...

нулю;

бесконечности;

единице;

минус единице

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Сложный сигнал при прохождении согласованного фильтра...

демодулируется;

модулируется;

сжимается по времени;

«растягивается» во времени

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Центрированным случайным процессом называется...

процесс с нулевым математическим ожиданием и нулевой дисперсией;

процесс с ненулевым математическим ожиданием и ненулевой дисперсией;

процесс с нулевым математическим ожиданием и ненулевой дисперсией;

процесс с нулевой корреляционной функцией

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Теорема Винера–Хинчина определяет связь между...

1. корреляционной функцией случайного процесса;

2. функцией времени сигнала;

3. функцией частоты сигнала;

4. спектральной плотностью мощности случайного процесса

№ 10 Прочитайте текст и установите последовательность

Последовательность действий при решении задачи оптимального приёма:

1. Разработка алгоритма обработки.
2. Проверка практической реализуемости.
3. Математическая формулировка задачи.
4. Определение критерия оптимальности.
5. Анализ чувствительности к отклонениям от априорных данных.

№ 11 Прочитайте текст и установите соответствие

1. Дисперсия стационарного эргодического случайного процесса.
2. Корреляционная функция стационарного эргодического случайного процесса.
3. Математическое ожидание стационарного эргодического случайного процесса.
4. Средний квадрат стационарного эргодического случайного процесса.

А.  $\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T \xi^{(i)}(t) dt ;$

Б.  $\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T [\xi^{(i)}(t)]^2 dt ;$

В.  $\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T [\xi^{(i)}(t) - a_{\xi}]^2 dt ;$

Г.  $\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T \xi^{(i)}(t) \cdot \xi^{(i)}(t + \tau) dt .$

№ 12 Прочитайте текст и установите соответствие

Если под случайной функцией  $x(t)$  подразумевается электрическое напряжение или ток, то

1. средний квадрат этой функции -
2. математическое ожидание этой функции -
3. дисперсия этой функции -

А. среднее значение тока или напряжения.

Б. средняя мощность, выделяемая в сопротивлении 1 Ом.

В. разность между мощностью всего процесса и мощностью средней составляющей тока или напряжения в данном сечении.