



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор -  
проректор по образовательной  
деятельности

Бородавкин В.А.

« 20

м.п.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
СТАТИСТИЧЕСКАЯ РАДИОТЕХНИКА**Направление/специальность  
подготовки11.05.02 Специальные радиотехнические системы  
11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексыСпециализация/профиль/  
программа подготовкиСредства и комплексы радиоэлектронной борьбы  
Радиолокационные системы и комплексы

Уровень высшего образования

Специалитет

Форма обучения

Очная

Факультет

И Информационных и управляющих систем

Выпускающая кафедра

И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Кафедра-разработчик рабочей  
программы

И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	4	144	68	51	0	17	76	0	0	76	ЭКЗ.

Начальник отдела основных  
образовательных программ  
Гусева А.А./

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

11.05.02 Специальные радиотехнические системы  
11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Программу составил:

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



Эксперт:

Григорьев А.Г., зам. науч. сотр. ОАО «Радиоавионики»



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 рабочей программы

**И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

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



**ФАКУЛЬТЕТ "И" ИНФОРМАЦИОННЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ**

Декан 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. Оценочные средства и методики их применения
- Приложение 4. Лист изменений, вносимых в рабочую программу

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

11.05.02 (И4)	ПСК-1 — способность проводить сбор, анализ и систематизацию научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области радиоэлектроники
11.05.01 (И4)	ПСК-1 — способность осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования
11.05.02 (И4)	ПСК-2 — способность проводить экспериментальные исследования, моделирование объектов и процессов в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений
11.05.01 (И4)	ПСК-5 — способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ
11.05.01 (И4)	ПСК-6 — способность решать задачи оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной необходимости с применением пакетов прикладных программ

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-1 (11.05.02, И4)**

*знания:*

отечественных и зарубежных достижений науки и техники в области радиоэлектроники;  
основных логических методов и приемов научного исследования и инженерного творчества;  
прикладных программ для решения радиотехнических задач;  
принципов подготовки и проведения научных исследований и технических разработок, научных экспериментов и испытаний;

процедуры и методики проведения патентных исследований;

*умения:*

организовывать проведение патентных исследований, экспериментов и испытаний;  
анализировать результаты научных исследований;  
составлять научно-технические отчеты по результатам исследований;

*навыки:*

подготовки технологической и отчетной документации по результатам исследовательской работы.

### **ПСК-1 (11.05.01, И4)**

*знания:*

методов системного анализа и методик разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации;

*умения:*

применять методики поиска, сбора и обработки информации, осуществлять системный анализ и синтез информации, полученной из разных источников, применять системный подход для решения

задач расчета и проектирования систем, построенных на принципах статистической обработки сигналов;

*навыки:*

применения методологий системного анализа проблемных ситуаций, методик постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий с использованием современных

программными средств для моделирования и проектирования систем, построенных на принципах

статистической обработки сигналов.

### **ПСК-2 (11.05.02, И4)**

*знания:*

основных направлений повышения эффективности радиосистем;  
показателей качества систем передачи информации с учетом характеристик каналов связи;  
методов решения задач оценки качества систем передачи информации с учетом характеристик

каналов связи;

основных направлений повышения эффективности радиосистем;  
задач оптимизации систем передачи информации и их подсистем;

*умения:*

создавать математические модели устройств радиоэлектроники;

формулировать задачи оценки качества систем передачи информации с учетом характеристик каналов связи;  
решать задачи оценки качества систем передачи информации с учетом характеристик каналов связи;  
решать задачи оптимизации систем передачи информации и их подсистем;  
*навыки:*  
постановки задач оценки качества систем передачи информации с учетом характеристик каналов связи;  
решения задач анализа, синтеза и оптимизации устройств радиоэлектроники с использованием современных систем автоматизированного проектирования;  
постановки задач оптимизации систем передачи информации и их подсистем.

**ПСК-5 (11.05.01, И4)**

*знания:*  
современных методов математического описания детерминированных и случайных сигналов, линейных и нелинейных, стационарных, нестационарных и параметрических радиотехнических цепей,  
принципов формирования и преобразования сигналов как носителей информации;  
*умения:*  
применять временные и спектральные методы анализа и синтеза сигналов, методы статистического описания сигналов и помех; анализировать преобразования непрерывных и дискретных сигналов в радиотехнических цепях; использовать вычислительную технику для математического моделирования типовых систем и процессов статистической обработки сигналов;  
*навыки:*  
применения современных программных средств математического моделирования типовых систем и процессов статистической обработки сигналов с использованием основных приемов обработки результатов экспериментов.

**ПСК-6 (11.05.01, И4)**

*знания:*  
принципов подготовки и проведения экспериментальных исследований радиотехнических цепей со случайными сигналами, способов аппаратного макетирования и физического моделирования элементов радиоканала, предназначенных для генерирования, модуляции, передачи, приема и обработки сигналов, способов и средств реализации удаленного доступа к средствам радиотехнического эксперимента с применением пакетов прикладных программ;  
*умения:*  
анализировать задачи экспериментальных исследований радиотехнических цепей при воздействии случайных сигналов, выявляя их составляющие и связи между ними, разрабатывать программы и схемы экспериментов, обрабатывать результаты экспериментальных исследований, проводить их анализ и синтезировать оптимальные (в смысле выбранного критерия оптимальности) структуры радиотехнических систем с целью оптимизации методов обработки принимаемых сигналов;  
*навыки:*  
применения пакетов прикладных программ для проведения экспериментальных исследований случайных радиотехнических сигналов, измерений параметров и анализа характеристик радиотехнических сигналов и цепей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СТАТИСТИЧЕСКАЯ РАДИОТЕХНИКА** является дисциплиной **вариативной части блока 1** программы подготовки по направлениям: 11.05.02 Специальные радиотехнические системы, 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.

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

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ, ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ, РАДИОСИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии
- ОПК-5 — Способен учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности
- ОПК-6 — Способен понимать принципы работы информационных технологий, применять основные методы и средства получения, хранения обработки информации в сфере профессиональной деятельности
- ОПК-7 — Способен применять методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов современной электроники
- ОПК-9 — Способен осваивать работу на современном измерительном диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения научно-технических задач в области радиотехники
- ПСК-2 — Способен проводить экспериментальные исследования, моделирование объектов и процессов в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений

### 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		ПСК-1 (11.05.02)	ПСК-4 (11.05.01)	ПСК-2 (11.05.02)	ПСК-5 (11.05.01)	ПСК-6 (11.05.01)
4	7	Раздел 1. Основные понятия статистической радиотехники. 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	40	40	40
4	7	Раздел 2. Основы теории оптимального приема сигналов. 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 радиопимпульсами 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 измерений в фильтре Калмана. Уравнение одномерного стационарного фильтра Калмана. Одномерный нестационарный фильтр Калмана. Многомерный нестационарный фильтр Калмана. Пример построения фильтра	68	38	28	10	30	40	40	40	40	40

		Хитмана 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.										
4	7	Раздел 3. Основы теории информации. 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	20	20	20
Всего за 7 семестр			144	68	51	17	76	100	100	100	100	100
Всего по дисциплине			144	68	51	17	76	100	100	100	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 нелинейные безынерционные цепи.	2
2		Определение характеристик случайных процессов.	3
3		Прохождение случайных процессов через линейные инерционные цепи.	2
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.	30
2	Раздел 2. Основы теории оптимального приема сигналов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 2 с использованием рекомендуемой литературы, подготовка к практическим занятиям.	30
3	Раздел 3. Основы теории информации.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 3 с использованием рекомендуемой литературы.	16
Всего за 7 семестр			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			Отч. по ПЗ	Зад. СРС, Отч. по ПЗ	Контр.Р., Вопр. Экз	Отч. по ПЗ		Отч. по ПЗ		Контр.Р., Вопр. Экз	Зад. СРС, Отч. по ПЗ					Контр.Р., Вопр. Экз	



Условные обозначения:

- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- Зад. СРС – задания для самостоятельной работы;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

**Текущая аттестация** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- отчет по практическому заданию;
- задания для самостоятельной работы;
- контрольная работа;
- вопросы к экзамену.

**Рубежная аттестация** студентов производится по итогам половины семестра в следующих формах:

- отчет по практическому заданию;
- задания для самостоятельной работы;
- 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, эл. рес.
3. А. И. Сенин. Статистическая радиотехника. Примеры и задачи. М.: Изд-во 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. СПб.: Лань, 2020, эл. рес.

### **5.2. Дополнительная литература по дисциплине:**

не требуется.

### **5.3. Периодические издания:**

1. Естественные и технические науки;
2. Научно-методический журнал «Информатизация образования и науки»;
3. Радиотехника – XXI век.

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

1. <http://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
2. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
3. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### **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:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Интерактивная доска;
2. Принтер HP-3100;
3. Принтер Epson T5100;
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 **вариативной части блока 1** программы подготовки по направлениям: 11.05.02 Специальные радиотехнические системы, 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы. 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:

ПСК-1 (11.05.02) способность проводить сбор, анализ и систематизацию научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области радиоэлектроники;

ПСК-1 (11.05.01) способность осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования;

ПСК-2 (11.05.02) способность проводить экспериментальные исследования, моделирование объектов и процессов в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений;

ПСК-5 (11.05.01) способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ;

ПСК-6 (11.05.01) способность решать задачи оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной необходимости с применением пакетов прикладных программ.

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**:

**Текущая аттестация** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- отчет по практическому заданию;
- задания для самостоятельной работы;
- контрольная работа;
- вопросы к экзамену.

**Рубежная аттестация** студентов производится по итогам половины семестра в следующих формах:

- отчет по практическому заданию;
- задания для самостоятельной работы;
- 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.	А. И. Сенин. Статистическая радиотехника. Примеры и задачи: М.: Изд-во 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.	А. А. Флёрова. Основы статистической радиотехники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (3, 4) А. И. Сенин. Статистическая радиотехника. Примеры и задачи: М.: Изд-во 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)	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: СПб.: Лань, 2020 (1 - 5)	16
Итого по разделу 3		16

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- отчет по практическому заданию;
- задания для самостоятельной работы;
- контрольная работа;
- вопросы к экзамену;
- экзамен.

### Критерии оценивания

#### Отчет по практическому заданию

Отчет по практическому заданию представляется в печатном виде. Отчет содержит все необходимые расчеты и построенные графики, выводы по работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

В случае если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает максимальное количество баллов (по четырехбалльной системе).

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от 5 до 2 являются:

- небрежное выполнение;
  - низкое качество графического материала.
- Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:
- отсутствия необходимого графического материала;
  - некорректной обработки результатов вычислений.

#### Задания для самостоятельной работы

Отчет по заданию представляется в печатном виде. Отчет содержит все необходимые расчеты и построенные графики, выводы по работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

В случае если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает максимальное количество баллов (по четырехбалльной системе).

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от 5 до 2 являются:

- небрежное выполнение;
  - низкое качество графического материала.
- Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:
- отсутствия необходимого графического материала;
  - некорректной обработки результатов вычислений.

Задание 1. Тема: Характеристики одномерных случайных величин

Случайная величина  $k=\{x_i\}$  с плотностью вероятности  $W_k(x)$  подвергается преобразованию  $g(x)$ . В результате образуется случайная величина  $n=\{y_i\}$ .

1. Определить символьные выражения и численные значения для следующих характеристик случайной величины  $k=\{x_i\}$ :

- 1.1 математическое ожидание;
- 1.2 средний квадрат;
- 1.3 дисперсия.

2. Определить символьные выражения и построить графики:

- 2.1 функции распределения  $F_k(x)$ ;
- 2.2 функции распределения  $F_n(y)$ ;
- 2.3 плотности вероятности  $W_n(y)$ .

3. Определить символьные выражения и численные значения следующих характеристик случайной величины  $n=\{y_i\}$ :

- 3.1 математическое ожидание;
- 3.2 средний квадрат;
- 3.3 дисперсия.

Исходные данные выбираются в соответствии с номером варианта задания. Номер варианта выдается преподавателем.

Задание 2. Тема: Характеристики случайных процессов

Задан случайный процесс .

1. Определить символьные выражения и численные значения для следующих характеристик случайного процесса (с использованием пакетов Mathcad или Matlab):
    - 1.1 математического ожидания;
    - 1.2 среднеквадратического отклонения;
    - 1.3 дисперсии.
  2. Определить символьные выражения и построить графики:
    - 2.1. одномерной плотности распределения вероятностей;
    - 2.2 функции распределения.
  3. Записать совместную плотность распределения вероятностей для стационарного процесса и его производной в один и тот же момент времени.
- Исходные данные выбираются в соответствии с номером варианта задания. Номер варианта выдается преподавателем.

### **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.

Контрольные работы №2 и №3 включают 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.

### **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 радиопульсом, 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 белом 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.



Паспорт фонда оценочных средств

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		ПСК-1 (11.05.02)	ПСК-1 (11.05.01)	ПСК-2 (11.05.02)	ПСК-5 (11.05.01)	ПСК-6 (11.05.01)	
4	7	Раздел 1. Основные понятия статистической радиотехники.	51	21	14	7	30	40	40	40	40	40	Вопросы к экзамену, Задания для самостоятельной работы, Контрольная работа, Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 2. Основы теории оптимального приема сигналов.	68	38	28	10	30	40	40	40	40	40	Вопросы к экзамену, Задания для самостоятельной работы, Контрольная работа, Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 3. Основы теории информации.	25	9	9	0	16	20	20	20	20	20	Вопросы к экзамену, Контрольная работа
Всего за 7 семестр			144	68	51	17	76	100	100	100	100	100	
Всего по дисциплине			144	68	51	17	76	100	100	100	100	100	