

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Страхов С. Ю.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СТАТИСТИЧЕСКАЯ РАДИОТЕХНИКА

Направление/специальность подготовки	11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы
Специализация/профиль/программа подготовки	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.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

год набора группы: 2024

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:

ПСК-1 — способность осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования
ПСК-5 — способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ
ПСК-6/23 — способность решать задачи оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной неопределенности с применением пакетов прикладных программ

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-1

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-5

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-6/23

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 **части**, формируемой участниками образовательных отношений блока 1, программы подготовки по направлению *11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы*.

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: **ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ РЭС, НАДЕЖНОСТЬ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики
- ОПК-2 — Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения
- ОПК-3 — Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий
- ОПК-4 — Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных
- ОПК-6 — Способен учитывать существующие и перспективные технологии производства радиоэлектронной аппаратуры при выполнении научно-исследовательской и опытно-конструкторских работ
- ПСК-5 — Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ
- ПСК-6/23 — Способен решать задачи оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной неопределенности с применением пакетов прикладных программ

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	ПСК-5	ПСК-6/23
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
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 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	40
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
Всего за 7 семестр			144	68	51	17	76	100	100	100
Всего по дисциплине			144	68	51	17	76	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.	Определение характеристик случайных процессов.	3
2		Прохождение случайных процессов через линейные инерционные цепи.	2
3		Прохождение случайных процессов через нелинейные безынерционные 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				Зад. СРС	Вопр. Экз	ДР	Контр.Р.		Зад. СРС	ДР	Вопр. Экз			Контр.Р.		ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Зад. СРС – задания для самостоятельной работы;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену;
- Контр.Р. – контрольная работа.

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

- диагностическая работа;
- задания для самостоятельной работы;
- вопросы к экзамену;
- контрольная работа.

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 - 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 *11.05.01 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 способность осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования;

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

ПСК-6/23 способность решать задачи оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной неопределенности 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**:

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

- диагностическая работа;
- задания для самостоятельной работы;
- вопросы к экзамену;
- контрольная работа.

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

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- задания для самостоятельной работы;
- контрольная работа;
- 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.

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 $Wk(x)$ 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 $Fk(x)$;
- 2.2 функции распределения $Fn(y)$;
- 2.3 плотности вероятности $Wn(y)$.

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 Mathlab):

- 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 видеоимпульсом, 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 объёме, 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	ПСК-5	ПСК-6/23	
4	7	Раздел 1. Основные понятия статистической радиотехники.	51	21	14	7	30	40	40	40	Вопросы к экзамену, Задания для самостоятельной работы, Контрольная работа
4	7	Раздел 2. Основы теории оптимального приема сигналов.	68	38	28	10	30	40	40	40	Вопросы к экзамену, Контрольная работа
4	7	Раздел 3. Основы теории информации.	25	9	9	0	16	20	20	20	Вопросы к экзамену
Всего за 7 семестр			144	68	51	17	76	100	100	100	
Всего по дисциплине			144	68	51	17	76	100	100	100	

Критерии оценивания

ПСК-1

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 В чём состоит обобщение теоремы отсчётов Котельникова-Шеннона на случайные процессы?
- № 2 Каковы преимущества сложных сигналов по сравнению с простыми в задачах разрешения по времени запаздывания радиосигнала?
- № 3 Что такое “отбеливающий фильтр”?
- № 4 Что такое “отношение правдоподобия”?
- № 5 Какие в практике радиолокационного обнаружения целей следует считать неизвестными параметры принимаемых сигналов?
- № 6 При каком условии точность определения дальности до радиолокационной цели с помощью простого зондирующего радиоимпульса РЛС увеличивается?
- № 7 Что такое «база сигнала»?
- № 8 В чем состоит критерий «идеального наблюдателя» (Котельникова-Зигерта)?
- № 9 Что такое «потенциальная точность измерения параметра сигнала»?
- № 10 В чем заключается суть понятия “разрешающая способность радиосигналов”?
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Первым начальным моментом случайного процесса называется...
- дисперсия
- средний квадрат
- математическое ожидание
- сумма дисперсии и квадрата математического ожидания
- № 2 Если математическое ожидание случайного процесса равно нулю, то средний квадрат случайного процесса будет равен...
- квадрату дисперсии
- коэффициенту корреляции
- нулю
- дисперсии
- № 3 Случайный процесс называется строго стационарным, если...
- функции распределения любого порядка зависят от начала отсчета времени
- функции распределения первого и второго порядков инвариантны по отношению к началу отсчета времени, а более высокого порядка могут не удовлетворять этому условию
- функции распределения любого порядка инвариантны по отношению к началу отсчета времени
- функции распределения первого и второго порядков зависят от начала отсчета времени, а более высокого порядка инвариантны по отношению к началу отсчета времени
- № 4 Независимость случайных процессов означает...
- некоррелированность
- коррелированность
- нестационарность
- стационарность
- № 5 Нормированная корреляционная функция случайного процесса – это функция,

- равная отношению корреляционной функции случайного процесса к его...
 математическому ожиданию
 среднему квадрату
 интервалу корреляции
- № 6 дисперсии
 Дисперсия нормированной корреляционной функции равна...
 нулю
 бесконечности
 единице
- № 7 корню квадратному из времени корреляции
 Теорема Винера–Хинчина определяет связь между...
 корреляционной функцией случайного процесса и его функцией времени
 функцией времени сигнала и его корреляционной функцией
 спектральной плотностью мощности случайного процесса и его функцией времени
 корреляционной функцией и спектральной плотностью мощности случайного процесса
- № 8 Корреляционная функция суммы двух стационарных и стационарно связанных случайных процессов равна...
 сумме их корреляционных функций
 сумме их авто- и взаимно корреляционных функций
 произведению их авто- и взаимно корреляционных функций
- № 9 произведению их корреляционных функций
 Если случайный процесс нормальный, то он исчерпывающим образом определяется указанием закона изменения во времени...
 корреляционной функции
 дисперсии
 огибающей
- № 10 фазы
 Абсолютно случайный процесс - это такой процесс, у которого...
 любые два значения, расположенные через интервал корреляции, некоррелированы
 любые два сколь угодно близко расположенные значения коррелированы
 любые два значения, расположенные через интервал корреляции, коррелированы
 любые два сколь угодно близко расположенные значения некоррелированы
- ПСК-5**
- Вопросы открытого типа:*
- № 1 В чём заключается принцип неопределённости в радиолокации?
 № 2 Чем отличаются простые радиосигналы от сложных?
 № 3 Чем отличается различение сигналов от разрешения сигналов?
 № 4 Какие фильтры применяются для оптимального приёма пачки импульсных

- сигналов?
- № 5 В чем заключается задача обнаружения сигнала?
- № 6 В чем заключается задача различения сигналов?
- № 7 Какие оптимальные линейные стационарные фильтры являются физически реализуемыми?
- № 8 Что означает “интерполирование случайного сигнала $s(t)$ ”?
- № 9 Какими основными параметрами характеризуются две случайные величины?
- № 10 В чём особенности обнаружения узкополосных радиосигналов с неизвестной начальной фазой несущей?
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Вторым начальным моментом случайного процесса называется...
- математическое ожидание
- средний квадрат
- дисперсия
- № 2 сумма дисперсии и квадрата математического ожидания
- 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
- № 3 Стационарный случайный процесс называется эргодическим если...
- функции распределения первого и второго порядков инвариантны по отношению к началу отсчета времени, а более высокого порядка могут не удовлетворять этому условию
- функции распределения любого порядка зависят от начала отсчета времени
- при определении любых его статистических характеристик усреднение по множеству реализаций эквивалентно усреднению по времени одной, теоретически бесконечно длинной, реализации
- любые два сколь угодно близко расположенные значения коррелированы
- № 4 Дисперсия нормированной корреляционной функции равна...
- нулю
- бесконечности
- единице
- корню квадратному из времени корреляции
- № 5 Спектральная плотность абсолютно случайного процесса...
- существует только при нулевой частоте
- представляет собой дельта-функцию, расположенную в начале координат
- равномерно распределена по всем частотам
- представляет собой две дельта-функции, расположенные симметрично относительно начала координат
- № 6 Если на вход линейной цепи действует белый шум, то спектральная плотность процесса на выходе цепи с точностью до постоянного множителя совпадает с...

- спектральной плотностью процесса на входе
- модулем квадрата спектральной плотности процесса на выходе
- комплексно сопряженной спектральной плотностью процесса на входе
- квадратом АЧХ цепи
- № 7 Корреляционная функция белого шума, прошедшего через линейную цепь, с точностью до постоянного множителя равна...
- импульсной характеристике цепи
- квадрату импульсной характеристики цепи
- взаимной корреляционной функции белого шума и импульсной характеристики цепи
- № 8 корреляционной функции импульсной характеристики цепи
- Плотность распределения вероятности огибающей узкополосного шума имеет...
- релеевский закон распределения
- равномерный закон распределения
- нормальный закон распределения
- № 9 экспоненциальный закон распределения
- Плотность распределения вероятности фазы узкополосного шума имеет...
- нормальный закон распределения
- равномерный закон распределения
- релеевский закон распределения
- № 10 экспоненциальный закон распределения
- При нелинейном преобразовании случайного процесса...
- меняется его корреляционная функция и спектральная плотность
- не меняется его корреляционная функция, но меняется спектральная плотность
- не меняется его спектральная плотность, но меняется корреляционная функция
- корреляционная функция становится равной корню квадратному из его спектральной плотности

ПСК-6/23

Вопросы открытого типа:

- № 1 Что такое гауссовские (нормальные) случайные процессы?
- № 2 Сформулируйте теорему Винера-Хинчина.
- № 3 Что представляют собой “кривые обнаружения сигнала”?
- № 4 В каком случае приемник может воспроизвести сообщение абсолютно точно?
- № 5 По какому критерию работает оптимальный линейный фильтр Винера?
- № 6 По какому критерию работает согласованный линейный фильтр?
- № 7 Каково назначение согласованных фильтров?
- № 8 Перечислите методы фильтрации, обеспечивающие улучшение соотношения сигнал/помеха и условия их эффективности.
- № 9 Какие два основных класса сигналов нуждаются в вероятностном описании?
- № 10 Сформулируйте понятия математического ожидания и дисперсии случайного процесса.

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Вторым центральным моментом случайного процесса называется...
- дисперсия

	математическое ожидание
	средний квадрат
№ 2	<p>сумма дисперсии и квадрата математического ожидания</p> <p>Плотность распределения вероятности огибающей суммы гармонического сигнала и узкополосного шума имеет...</p> <p>обобщенный закон распределения Релея</p> <p>равномерный закон распределения</p> <p>нормальный закон распределения</p>
№ 3	<p>экспоненциальный закон распределения</p> <p>В задаче оценки параметров сигнала приемник называется оптимальным, если он обеспечивает...</p> <p>максимальную помехоустойчивость при выбранном критерии и заданных условиях приема</p> <p>перенос частоты принимаемого сигнала в частотную область, где он может быть обработан с наибольшей эффективностью</p> <p>максимально точное воспроизведение формы сигнала</p>
№ 4	<p>выполнение требований к параметрам чувствительности приемника</p> <p>При решении задачи оценки параметра сигнала на фоне помех, функция потерь является...</p> <p>мерой расхождения между истинным значением оцениваемого параметра и оценкой параметра</p> <p>мерой риска потери сигнала в процессе подавления помехи</p> <p>оценкой текущего отношения сигнал/помеха в полосе сигнала</p>
№ 5	<p>мерой определения границ интервалов ложной тревоги и пропуска сигнала</p> <p>Шумовой функцией называют...</p> <p>функцию взаимной корреляции входной смеси и шума по оцениваемому параметру сигнала</p> <p>автокорреляционную функцию гауссовского шума</p> <p>функцию взаимной корреляции сигнала и шума по оцениваемому параметру сигнала</p>
№ 6	<p>флуктуационную помеху на входе приемника</p> <p>Полная суммарная вероятность ошибки оптимального обнаружения сигнала...</p> <p>не зависит от формы сигнала, а зависит лишь от энергии сигнала</p> <p>зависит от энергии сигнала от его формы</p> <p>зависит от энергии и формы сигнала</p>
№ 7	<p>зависит только от длительности сигнала</p> <p>Критерий идеального наблюдателя при обнаружении сигнала – это...</p> <p>минимум вероятности общей ошибки, равной взвешенной сумме вероятности пропуска сигнала и вероятности ложной тревоги</p> <p>максимальная вероятность правильного обнаружения при заданной вероятности ложной тревоги</p>

	максимальная вероятность правильного обнаружения при заданной вероятности пропуска сигнала
№ 8	<p>максимальное значение функции правдоподобия</p> <p>Критерий Неймана-Пирсона при обнаружении сигнала – это...</p> <p>максимальная вероятность правильного обнаружения при заданной вероятности пропуска сигнала</p> <p>максимальная вероятность правильного обнаружения при заданных вероятностях ложной тревоги и пропуска сигнала</p> <p>минимум вероятности общей ошибки, равной взвешенной сумме вероятности пропуска сигнала и вероятности ложной тревоги</p> <p>максимальная вероятность правильного обнаружения при заданной вероятности ложной тревоги</p>
№ 9	<p>Для того чтобы цепь могла использоваться в качестве согласованного фильтра...</p> <p>коэффициент передачи цепи должен быть комплексно-сопряженным со спектром обнаруживаемого сигнала</p> <p>коэффициент передачи цепи должен быть пропорционален спектру обнаруживаемого сигнала</p> <p>АЧХ цепи должна быть пропорциональна амплитудному спектру обнаруживаемого сигнала при линейной ФЧХ цепи</p> <p>АЧХ цепи должна быть пропорциональна амплитудному спектру обнаруживаемого сигнала при квадратичной ФЧХ цепи</p>
№ 10	<p>Задача согласованных фильтров заключается в...</p> <p>воспроизведении формы полезного сигнала из смеси с шумом</p> <p>оценке вероятности наличия сигнала во входной смеси</p> <p>различении нескольких сигналов</p> <p>формировании максимально-возможного пика сигнала на шумовом фоне</p>