

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СТАТИСТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА

Направление/специальность подготовки	24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика
Специализация/профиль/программа подготовки	Динамика полета и управление движением ракет и космических аппаратов
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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	3	108	51	34	0	17	57	0	18	39	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика**

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Лемешонок Татьяна Юрьевна, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Петрова И.Л., к.т.н., доц.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Петрова И.Л., к.т.н., доц.

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **СТАТИСТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА**

### **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:

УК-1 — Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

ПК-1.3 — Способен к разработке математических моделей и проведению расчетов в области динамики, баллистики и управления полетами ракет и космических аппаратов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **УК-1**

*знания:*

знать области применения задач анализа и синтеза динамических систем при действии случайных возмущений;

знать требования, предъявляемые к системам управления и наведения летальных аппаратов при случайных воздействиях;

*умения:*

уметь выбрать и конкретизировать соответствующую задаче исследования модель (уравнения) управляемого движения летательных аппаратов при действии случайных возмущений;

*навыки:*

иметь навык владения методами теории вероятностей для решения конкретных задач;

иметь навык владения методами математической статистики для решения задач проверки статистических гипотез;

иметь навык владения методами оценивания параметров распределений и сравнения качества оценок;

иметь навык владения методами анализа случайных процессов.

## **ПК-1.3**

*знания:*

знать методы исследования, расчета и решения задач анализа и синтеза динамических систем при действии случайных возмущений;

знать назначение и задачи систем управления и наведения летальных аппаратов при случайных воздействиях;

знать принципы формирования законов управления и стабилизации летательных аппаратов различных типов при действии случайных возмущений;;

*умения:*

уметь классифицировать случайные воздействия в системах управления и наведения летальных аппаратов;;

*навыки:*

иметь навык составления стохастической математической модели объекта исследования: системы управления или системы наведения летательного аппарата при воздействии случайного возмущения;

иметь навык определения главных статистических характеристик случайных величин;

иметь навык владения методами моделирования случайных величин с различными законами распределения.;

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СТАТИСТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.03.03 *Баллистика и гидроаэродинамика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, БАЛЛИСТИКА РАКЕТ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА В СЕМЕСТРЕ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
- ПК-1.3 — Способен к разработке математических моделей и проведению расчетов в области динамики, баллистики и управления полетами ракет и космических аппаратов
- ПК-1.4 — Способен к разработке алгоритмов баллистических расчетов и анализу летно-технических характеристик ракет и космических аппаратов

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 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		УК-1	ПК-1.3
4	7	<b>Раздел 1. Вероятностные математические модели баллистики БПЛА.</b> Основные задачи статистической динамики. Постановка задачи определения моделей баллистики БПЛА при случайных воздействиях. Основные понятия теории вероятностей. Определение вероятности. Случайные величины и система случайных величин. Интегральный и дифференциальный законы распределения. Числовые характеристики случайных величин и системы случайных величин. Свойства математического ожидания и ковариационной функции. Взаимная ковариационная функция. Предельные теоремы. Сходимость последовательностей. Применение математической статистики в баллистике БПЛА.	33	18	12	6	15	25	25
4	7	<b>Раздел 2. Математические модели баллистики БПЛА при воздействии случайных функций.</b> Случайные функции. Определение случайной функции и ее характеристики. Классификация случайный функций. Марковские процессы. Нормальные случайные функции. Стационарные случайные функции. Эргодическое свойство стационарных случайных функций. Белый шум. Винеровский процесс. Сложение и линейные преобразования случайных функций. Каноническое разложение случайных функций.	32	12	10	2	20	25	25
4	7	<b>Раздел 3. Стохастическая модель воздействия в виде спектрального разложения.</b> Спектральная плотность и ее свойства. Взаимная спектральная плотность. Приближенное представление стационарной случайной функции в виде ряда. Примеры вычисления спектральной плотности. Спектральное разложение случайной функции в комплексной форме. Преобразование стационарной случайной функции стационарной линейной системой. Применения теории стационарных случайных процессов к решению задач, связанных с анализом и синтезом динамических систем. Процессы, описывающие продольную и вертикаль-ную (поперечную) турбулентность атмосферы.	30	15	8	7	15	25	25
4	7	<b>Раздел 4. Экспериментальные методы определения статистических характеристик.</b> Оценка вероятности события. Оценки математического ожидания и дисперсии случайной величины. Оценка корреляционного момента случайных величин. Определение оценок статистических характеристик случайного процесса по множеству реализаций. Определение оценок статистических характеристик эргодического стационарного случайного процесса по одной реализации.	13	6	4	2	7	25	25
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Вероятностные математические модели баллистики БПЛА.	Моделирование независимых случайных величин, имеющих равномерное, нормальное и хи квадрат распределения. Построение гистограмм. Проверка гипотез о законе распределения. Обработка экспериментальных данных.	4
2		Решение задач на нахождения вероятности и числовых характеристик случайной величины и системы случайных величин.	2
3	Раздел 2. Математические модели баллистики БПЛА при воздействии случайных функций.	Решение задач на нахождение числовых характеристик случайных процессов.	2
4	Раздел 3. Стохастическая модель воздействия в виде спектрального разложения.	Моделирование случайных процессов	2
5		Анализ линейной стационарной непрерывной системы	2
6		Вычисление дисперсии выходного сигнала линейной стационарной непрерывной системы при случайном воздействии	3
7		Нахождение оценок математического ожидания, дисперсии и корреляционного момента случайных величин и	2

	методы определения статистических характеристик.	стационарных случайных процессов.	
<b>Всего за 7 семестр</b>			17

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Вероятностные математические модели баллистики БПЛА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Написание программ расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	15
2	Раздел 2. Математические модели баллистики БПЛА при воздействии случайных функций.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Оформление отчетов по практическим заданиям.	20
3	Раздел 3. Стохастическая модель воздействия в виде спектрального разложения.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Написание программ расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	15
4	Раздел 4. Экспериментальные методы определения статистических характеристик.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Оформление отчетов по практическим заданиям.	7
<b>Всего за 7 семестр</b>			57

### 3.4. Курсовая работа

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Постановка задачи. Анализ научно-технической литературы. Моделирование случайных величин с законами распределения: хи-квадрат, Стьюдента и Фишера. Определение оценок математического ожидания и дисперсии. Построение гистограмм. Исследование достоверности моделирования случайных величин с заданными законами распределения.	1 - 9	9
Этап 2. Исследование рассеивания БЛА при воздействии случайного ветра. Расчёт движения БЛА по направляющим. Расчёт движения БЛА на активном участке. Расчёт номинальной траектории БЛА на пассивном участке. Моделирование движения БЛА с учётом случайного ветра для N испытаний, определение для каждой реализации траектории отклонения дальности от номинальной. Построение для каждого набора из N исследований гистограммы распределения промаха, оценка по гистограмме закона распределения промаха. Оценка максимальной и минимальной величины промаха, математического ожидания промаха. Визуализация номинальной траектории движения БЛА и возмущенных траекторий («пучок траекторий»). Проверка по критерию хи-квадрат гипотезы о характере закона распределения промаха БЛА при воздействии случайного ветра.	10 - 16	9
<b>Всего за 7 семестр</b>		18

#### 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			ТекК			ДР	Отч. по ПЗ, ТекК		КР	ДР	Отч. по ПЗ, ТекК			ТекК	Отч. по ПЗ, ТекК	ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- КР – курсовая работа;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию;
- курсовая работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. С. Шалыгин. . Основы статистической динамики летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
2. В. Е. Гмурман. . Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
3. В. Е. Гмурман. . Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. М.: Высшая школа, 2003, 18 экз.
4. В. Е. Гмурман. . Теория вероятностей и математическая статистика. Москва: Юрайт, 2022, эл. рес.
5. В. Е. Гмурман. . Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Юрайт, 2013, 17 экз.
6. Д. Т. Письменный. . Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам. М.: АЙРИС-ПРЕСС, 2006, 493 экз.
7. Е. С. Вентцель. . Теория вероятностей. М.: Высшая школа, 2002, 12 экз.
8. Н. П. Деменков. . Статистическая динамика систем управления. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017, 35 экз.
9. С. Д. Шапорев, Б. П. Родин. . Случайные процессы. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, 105 экз.
10. С. Д. Шапорев, Б. П. Родин. . Случайные процессы. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. А. А. Лебедев, В. Т. Бобронников, М. Н. Красильщиков. . Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1985, 2 экз.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
3. <https://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
4. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=474](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474) — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
5. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов..

### 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. MATLAB R 2015a.

### 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. MATLAB R 2015a.

### **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 ДИНАМИКА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению **24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика**. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач;

ПК-1.3 Способен к разработке математических моделей и проведению расчетов в области динамики, баллистики и управления полетами ракет и космических аппаратов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с методами построения и анализа стохастических моделей баллистики БПЛА. Приводятся определения, характеристики вероятностных моделей, используемых при расчете вероятности и точности попадания БПЛА в цель. Рассматриваются корреляционные и спектральные модели процессов, описывающих воздействия на БПЛА.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию;
- курсовая работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 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. Вероятностные математические модели баллистики БПЛА.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Написание программ расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	<p>Е. С. Вентцель. . Теория вероятностей: М.: Высшая школа, 2002 (5-8)</p> <p>В. Е. Гмурман. . Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: Москва: Юрайт, 2020 (4-8)</p> <p>В. Е. Гмурман. . Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: М.: Высшая школа, 2003 (4-8)</p> <p>В. Е. Гмурман. . Теория вероятностей и математическая статистика: Москва: Юрайт, 2022 (6-14)</p> <p>А. А. Лебедев, В. Т. Бобронников, М. Н. Красильщиков. . Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1985 (1)</p> <p>Д. Т. Письменный. . Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам: М.: АЙРИС-ПРЕСС, 2006 (2-5)</p> <p>А. С. Шалыгин. . Основы статистической динамики летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1)</p>	15
Итого по разделу 1		15
<b>Раздел 2. Математические модели баллистики БПЛА при воздействии случайных функций.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Оформление отчетов по практическим заданиям.	<p>Д. Т. Письменный. . Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам: М.: АЙРИС-ПРЕСС, 2006 (6)</p> <p>Е. С. Вентцель. . Теория вероятностей: М.: Высшая школа, 2002 (15-16)</p> <p>А. С. Шалыгин. . Основы</p>	20

	<p>статистической динамики летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (2)</p> <p>А. А. Лебедев, В. Т. Бобронников, М. Н. Красильщиков. . Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1985 (1)</p> <p>В. Е. Гмурман. . Теория вероятностей и математическая статистика: Москва: Юрайт, 2022 (23,24)</p> <p>В. Е. Гмурман. . Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: Москва: Юрайт, 2020 (16-17)</p>	
Итого по разделу 2		20
<b>Раздел 3. Стохастическая модель воздействия в виде спектрального разложения.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Написание программ расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	<p>С. Д. Шапоров, Б. П. Родин. . Случайные процессы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (3)</p> <p>А. А. Лебедев, В. Т. Бобронников, М. Н. Красильщиков. . Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1985 (1)</p> <p>Н. П. Деменков. . Статистическая динамика систем управления: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017 (1)</p> <p>С. Д. Шапоров, Б. П. Родин. . Случайные процессы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (3)</p> <p>А. С. Шалыгин. . Основы статистической динамики летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (2)</p> <p>Д. Т. Письменный. . Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам: М.: АЙРИС-ПРЕСС, 2006 (6)</p> <p>В. Е. Гмурман. . Теория вероятностей и математическая статистика: Москва: Юрайт, 2022 (25)</p> <p>Е. С. Вентцель. . Теория вероятностей: М.: Высшая школа, 2002 (17)</p> <p>В. Е. Гмурман. . Теория вероятностей и математическая статистика: М.: Юрайт, 2013 (25)</p>	15
Итого по разделу 3		15
<b>Раздел 4. Экспериментальные методы определения статистических характеристик.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Оформление отчетов по практическим заданиям.	<p>Е. С. Вентцель. . Теория вероятностей: М.: Высшая школа, 2002 (14)</p> <p>А. С. Шалыгин. . Основы статистической динамики</p>	7

	<p>летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (2)</p> <p>Д. Т. Письменный. . Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам: М.: АЙРИС- ПРЕСС, 2006 (8)</p>	
Итого по разделу 4		7

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- отчет по практическому заданию;
- вопросы для текущего контроля;
- курсовая работа;
- дифференцированный зачет.

### 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.

#### Отчет по практическому заданию

Студент обязан выполнять все ПЗ в срок и сдавать их преподавателю согласно графику мероприятий межсессионного контроля.

При оформлении отчета практических заданий требуется руководствоваться следующими рекомендациями:

- В начале описательной части отчета излагается содержание, приводятся схема, математическая модель, исходные данные для расчетного варианта, метод решения.
- Все вычисления проводятся подробно, сопровождаясь необходимыми пояснениями. Все вычисления заносятся в таблицы.
- Табличные данные представляются также в виде графиков, условные обозначения и размерности откладываемых по осям величин указываются в принятых по ГОСТ сокращениях.
- При выполнении расчетов с использованием ЭВМ нужно обязательно приводить распечатки (листинг) программ.
- По каждому ПЗ студент должен представить выводы на основании выполненных расчетов.

Отчет по ПЗ допускается к защите, если студент полностью выполнил все пункты ПЗ.

Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненному заданию и ответов на вопросы преподавателя.

Отчет по ПЗ считается принятым в случае, если оформление отчета соответствует указанным требованиям, и студент ответил не менее чем на 60% вопросов преподавателя по теме ПЗ.

#### Вопросы для текущего контроля

Студенту предлагается три вопроса по результатам прохождения раздела, на которые необходимо дать правильный ответ. Вопросы для текущего контроля приведены в УМК дисциплины.

#### Курсовая работа

Курсовая работа представляется в печатном виде в формате, соответствующим «Положению по содержанию, оформлению, организации выполнения и защиты курсовых проектов и курсовых работ БГТУ. Курсовая работа не может быть принята и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала,
- некорректной обработки результатов.

Защита курсовой работы проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. Оценка за курсовую работу проставляется по пятибалльной системе:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он решил все задачи, поставленные перед ним в КР, и ответил на все вопросы преподавателя, связанные с материалами, изложенными в пояснительной записке к КР;
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он решил все задачи, поставленные перед ним в КР, и ответил на 50% вопросов преподавателя, связанные с материалами, изложенными в пояснительной записке к КР;
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он решил все задачи, поставленные



перед ним в КР, но не ответил на вопросы преподавателя, связанные с материалами, изложенными в пояснительной записке к КР.

### **Дифференцированный зачет**

Допуск к дифференцированному зачету оформляется при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий.

Зачет проводится в форме ответов на два вопроса. Комплект билетов входит в состав УМК дисциплины.

Итоги сдачи зачета оцениваются следующим образом:

- полный правильный ответ на оба вопроса – зачтено-отлично;
- полный правильный ответ на один из вопросов с дополнительным собеседованием по второму – зачтено-хорошо;
- неполные ответы на оба вопроса с дополнительным собеседованием по их тематике – зачтено-удовлетворительно;
- неправильные ответы и не готовность к собеседованию по темам билета – неудовлетворительно.

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		УК-1	ПК-1.3	
4	7	<b>Раздел 1. Вероятностные математические модели баллистики БПЛА.</b>	33	18	12	6	15	25	25	Вопросы для текущего контроля, Отчет по практическому заданию
4	7	<b>Раздел 2. Математические модели баллистики БПЛА при воздействии случайных функций.</b>	32	12	10	2	20	25	25	Вопросы для текущего контроля, Курсовая работа
4	7	<b>Раздел 3. Стохастическая модель воздействия в виде спектрального разложения.</b>	30	15	8	7	15	25	25	Вопросы для текущего контроля, Отчет по практическому заданию
4	7	<b>Раздел 4. Экспериментальные методы определения статистических характеристик.</b>	13	6	4	2	7	25	25	Вопросы для текущего контроля, Курсовая работа
<b>Всего за 7 семестр</b>			108	51	34	17	57	100	100	
<b>Всего по дисциплине</b>			108	51	34	17	57	100	100	

## Оценочные материалы по дисциплине СТАТИСТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА

**УК-1 - Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач**

№ 1 Прочитайте текст и установите последовательность

Создайте верную последовательность действий для вычисления **корреляционной функции** случайной функции  $Y(t)$  **на выходе системы**, если на вход стационарной линейной системы с известным оператором поступает стационарная случайная функция  $X(t)$  с заданным математическим ожиданием и корреляционной функцией:

1. зная спектральную плотность на входе, можно найти спектральную плотность на выходе
2. зная корреляционную функцию на входе, можно найти спектральную плотность на входе
3. зная спектральную плотность на выходе, можно найти корреляционную функцию на выходе
4. зная оператор системы, можно найти частотную характеристику, а затем квадрат модуля частотной характеристики

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

Что называется каноническим разложением случайного процесса?

1. Представление случайного процесса в виде суммы ее математического ожидания и взаимно некоррелированных элементарных случайных функций.
2. Представление случайного процесса через совместные плотности распределения вероятности, определяющиеся как нормальные (гауссовы) законы распределения.
3. Представление случайного процесса в виде суммы ее математического ожидания и случайных величин.
4. Представление стационарного случайного процесса через тригонометрические функции синуса и косинуса в виде бесконечной суммы гармоник различной частоты со случайными амплитудами, имеющими нулевые математические ожидания и заданные дисперсии.
5. Представление случайного процесса в виде суммы ее математического ожидания.

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Почему невозможно реализовать на практике случайный процесс в виде белого шума?

№ 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Что характерно для стационарного случайного процесса?

№ 5 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите название случайного процесса с его описанием:

1. случайный процесс, у которого совместные плотности распределения вероятности имеют нормальные (гауссовы) законы распределения
  2. случайный процесс, поведение которого в последующий момент времени определяется только его текущим состоянием и не зависит от предыстории
  3. случайный процесс у которого все вероятностные характеристики случайного процесса не зависят от времени
- a. марковский
  - b. нормальный
  - c. стационарный
  - d. эргодический
  - e. винеровский
  - f. белый шум

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

Составьте схему стационарной эквивалентной системы:

1.  $X(t)$
2. формирующий фильтр
3. данная система
4. белый шум
5.  $Y(t)$

№ 7 Прочитайте текст и установите соответствие

1. математическое ожидание суммы двух случайных функций равно
2. математическое ожидание интеграла от случайной функции равно
3. математическое ожидание производной от случайной функции равно

- a. производной от ее математического ожидания
- c. интегралу от ее математического ожидания
- d. сумме математических ожиданий
- e. сумме математических ожиданий и корреляционной функции
- f. интегралу от ее математического ожидания и корреляционной функции
- g. производной от ее математического ожидания и корреляционной функции

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

Математическое ожидание СП  $X(t)$  равно  $m_X(t)=t+2$ , математическое ожидание СП  $Y(t)$  равно  $m_Y(t)=-t+3$ . Найти математическое ожидание СП  $Z(t)=X(t)+Y(t)$ .

1. 1
2. -5
3.  $2t+5$
4.  $-2t-5$
5. -1
6. 5

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

Что определяет функция распределения?

1. Функция распределения определяет вероятность того, что случайная величина  $X$  примет одно из значений некоторого отрезка  $[a,b]$
2. Функция распределения определяет вероятность того, что случайная величина  $X$  примет значение, меньшее  $x$ , где  $x$  — произвольное действительное число.
3. Функция распределения определяет вероятность того, что случайная величина  $X$  не примет одно из значений некоторого отрезка  $[a,b]$
4. Функция распределения определяет вероятность того, что случайная величина  $X$  примет значение, большее или равное  $x$ , где  $x$  — произвольное действительное число.
5. Нет правильного ответа

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

Чем характеризуется дискретная случайная величина?

1. функцией распределения
2. рядом распределения

3. плотностью вероятности
4. математическим ожиданием
5. дисперсией

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

Выберете верные характеристики стационарного белого шума:

1. стационарный белый шум - стационарный случайный процесс
2. спектральная плотность постоянна
3. спектральная плотность переменная
4. корреляционная функция равна

$$2 \cdot \pi \cdot S_0 \cdot \delta(\tau)$$

5. корреляционная функция равна

$$2 \cdot \pi \cdot \delta(\tau)$$

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

Чтобы оценка была качественной, она должна быть:

1. неэффективной
2. несостоятельной
3. смещенной
4. состоятельной
5. эффективной
6. несмещенной

**ПК-1.3 - Способен к разработке математических моделей и проведению расчетов в области динамики, баллистики и управления полетами ракет и космических аппаратов**

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Чем корреляционный момент отличается от ковариации?

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

В чем заключается эргодическое свойство стационарного случайного процесса?

1. Для каждого момента времени вероятность любого состояния системы в будущем зависит только от состояния системы в настоящий момент и не зависит от того, каким образом система пришла в это состояние
2. Среднее значение по любому сечению можно заменить на среднее значение по одной достаточно продолжительной реализации.
3. Все вероятностные характеристики случайного процесса не зависят от времени
4. Совместные плотности распределения вероятности случайного процесса имеют нормальные (гауссовы) законы распределения.

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

Какой случайный процесс называется стационарным?

1. Случайный процесс называется стационарным, если все вероятностные характеристики случайного процесса не зависят от времени.
2. Если совместные плотности распределения вероятности случайного процесса имеют нормальные (гауссовы) законы распределения.
3. Это случайный процесс, поведение которого в последующий момент времени определяется только его текущим состоянием и не зависит от предыстории.
4. Среднее значение по любому сечению случайного процесса можно заменить на среднее значение по одной достаточно продолжительной реализации.
5. Случайный процесс называется стационарным, если все вероятностные характеристики случайного процесса зависят от времени.

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

Генератор случайных чисел порождает последовательность случайных чисел со следующими характеристиками:

1. в интервале (0;1)
2. с равномерным законом распределения
3. в интервале (a;b)
4. с нормальным законом распределения
5. с любым законом распределения

№ 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

На какие группы делятся случайные факторы?

№ 6 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите моменты с их названиями

1.

$$\alpha_1$$

2.

$$\alpha_2$$

3.

$$\mu_2$$

4.

$$\mu_{11}$$

- a. математическое ожидание
- b. средний квадрат
- c. дисперсия
- d. корреляционный момент
- e. ковариация
- f. среднеквадратическое отклонение

№ 7 Прочитайте текст и установите соответствие

Выберите верные определения

1. Если имеются независимые случайные величины с различными математическими ожиданиями и дисперсиями, то при увеличении  $n$  среднее арифметическое наблюдаемых значений  $X_1, X_2, \dots, X_n$  сходится по вероятности к среднему арифметическому их математических ожиданий
  2. Если имеются независимые случайные величины с одинаковыми математическими ожиданиями и дисперсиями, то при увеличении  $n$  среднее арифметическое наблюдаемых значений случайной величины сходится по вероятности к её математическому ожиданию
  3. Если имеются зависимые случайные величины с различными математическими ожиданиями и дисперсиями, и если выполняется дополнительное условие - дисперсия суммы значений случайной величины деленная на  $n^2$  стремится к нулю, то при увеличении  $n$  среднее арифметическое наблюдаемых значений  $X_1, X_2, \dots, X_n$  сходится по вероятности к среднему арифметическому их математических ожиданий
- a. обобщенная теорема Чебышева
  - b. теорема Чебышева
  - c. теорема Маркова
  - d. теорема Бернулли
  - e. неравенство Чебышева

№ 8 Прочитайте текст и установите последовательность

Для того, чтобы сгенерировать одну случайную величину, распределенную по нормальному закону с заданными математическим ожиданием и дисперсией, необходимо:

1. получить одну стандартную случайную величину
2. сгенерировать как минимум 12 базовых случайных величин, распределенных по равномерному закону в интервале от 0 до 1.
3. прибавить заданное математическое ожидание
4. сложить все базовые случайные величины
5. умножить стандартную случайную величину на заданное СКО

№ 9 Прочитайте текст и установите последовательность

Для того, чтобы сгенерировать одну случайную величину, распределенную по хи-квадрат распределению с заданной степенью свободы, необходимо:

1. сложить все базовые случайные величины
2. пункты повторить ровно столько раз, сколько степеней свободы
3. получить одну стандартную случайную величину
4. сгенерировать как минимум 12 базовых случайных величин, распределенных по равномерному закону в интервале от 0 до 1.
5. возвести в квадрат полученную стандартную случайную величину
6. сложить все стандартные величины, возведенные в квадрат

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

Что определяет дисперсия (центральный момент 2 порядка) случайной величины?

1. Рассеивание значений случайной величины относительно её математического ожидания.
2. Максимально возможное значение случайной величины
3. Среднее арифметическое наблюдаемых значений случайной величины при большом числе опытов.

4. Среднеквадратическое отклонение случайной величины относительно её математического ожидания.

5. Минимально возможное значение случайной величины

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

Выберете наиболее употребительные начальные моменты

$$\alpha_r = M[X^r]$$

случайной величины:

1.

$$\alpha_1$$

2.

$$\alpha_2$$

3.

$$\mu_2$$

4.

$$\mu_{11}$$

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

Стационарный случайный процесс в узком смысле характеризуется:

1. математическое ожидание постоянно

2. дисперсия постоянна

3.  $n$ -мерные функции распределения и плотности вероятности не зависят от сдвига всех точек  $t_1, t_2, \dots, t_n$  вдоль оси времени на одинаковую величину  $\tau$

4.  $n$ -мерные функции распределения и плотности вероятности зависят от сдвига всех точек  $t_1, t_2, \dots, t_n$  вдоль оси времени на одинаковую величину  $\tau$

5. корреляционная функция зависит от двух аргументов:  $t_1$  и  $t_2$