

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ БПЛА

Направление/специальность подготовки	24.05.06 Системы управления летательными аппаратами
Специализация/профиль/программа подготовки	Системы управления беспилотными летательными аппаратами
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЁТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЁТОМ 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	4	144	51	34	0	17	93	0	18	75	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.06 Системы управления летательными аппаратами**

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 ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ БПЛА**

## **Разделы рабочей программы**

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

## **Приложения к рабочей программе дисциплины**

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

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1 — Способен к проведению научных исследований и разработке проектных решений в области динамики и систем управления БПЛА

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-1**

#### *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;

владеть методами моделирования случайных величин с различными законами распределения;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ БПЛА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.06 Системы управления летательными аппаратами*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА ЯЗЫКЕ ВЫСОКОГО УРОВНЯ, ДИНАМИКА ПОЛЕТА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ВЕРОЯТНОСТНЫЙ АНАЛИЗ УПРАВЛЯЕМОГО ДВИЖЕНИЯ БПЛА, ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БАЛЛИСТИКА**.

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 для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-2 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач
- ОПК-9 — Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения
- ПК-2 — Способен к разработке методик исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-1
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.	43	18	12	6	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 случайных 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.	37	12	10	2	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 вертикальную (поперечную) турбулентность атмосферы.	51	15	8	7	36	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
Всего за 7 семестр			144	51	34	17	93	100
Всего по дисциплине			144	51	34	17	93	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	Раздел 4. Экспериментальные методы определения статистических характеристик.	Нахождение оценок математического ожидания, дисперсии и корреляционного момента случайных величин и стационарных случайных процессов.	2

<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.	25
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.	25
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.	36
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>			93

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

Условные обозначения:

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

**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:

- экзамен.



## 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. . Теория вероятностей и математическая статистика. Москва: Юрайт, 2022, эл. рес.
3. В. Е. Гмурман. . Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
4. Д. Т. Письменный. . Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам. М.: АЙРИС-ПРЕСС, 2006, 493 экз.
5. Е. С. Вентцель. . Теория вероятностей. М.: Высшая школа, 2001, 65 экз.
6. Е. С. Вентцель. . Теория вероятностей. М.: Высшая школа, 2002, 12 экз.
7. Н. П. Деменков. . Статистическая динамика систем управления. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017, 35 экз.
8. С. Д. Шапоров, Б. П. Родин. . Случайные процессы. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, 105 экз.

### 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. — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
5. <https://ura.it.ru> — Главная – 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 **ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ БПЛА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.06 Системы управления летательными аппаратами*. 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*:

ПК-1 Способен к проведению научных исследований и разработке проектных решений в области динамики и систем управления БПЛА.

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:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**93 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 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>А. С. Шалыгин. . Основы статистической динамики летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1)</p> <p>Е. С. Вентцель. . Теория вероятностей: М.: Высшая школа, 2001 (5-8)</p> <p>Е. С. Вентцель. . Теория вероятностей: М.: Высшая школа, 2002 (5-8)</p> <p>В. Е. Гмурман. . Теория вероятностей и математическая статистика: Москва: Юрайт, 2022 (6-14)</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> <p>В. Е. Гмурман. . Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: Москва: Юрайт, 2020 (4-8)</p> <p>А. А. Лебедев, В. Т. Бобронников, М. Н. Красильщиков. . Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1985 (1)</p>	25
Итого по разделу 1		25
<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>В. Е. Гмурман. . Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: Москва: Юрайт, 2020 (16-17)</p> <p>Е. С. Вентцель. . Теория вероятностей: М.: Высшая школа, 2001 (15-16)</p> <p>В. Е. Гмурман. . Теория вероятностей</p>	25

	и математическая статистика: Москва: Юрайт, 2022 (23,24) А. С. Шалыгин. . Основы статистической динамики летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (2) А. А. Лебедев, В. Т. Бобронников, М. Н. Красильщиков. . Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1985 (1) Д. Т. Письменный. . Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам: М.: АЙРИС-ПРЕСС, 2006 (6)	
Итого по разделу 2		25
<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.	Н. П. Деменков. . Статистическая динамика систем управления: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017 (1) С. Д. Шапоров, Б. П. Родин. . Случайные процессы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (3) Д. Т. Письменный. . Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам: М.: АЙРИС-ПРЕСС, 2006 (6) Е. С. Вентцель. . Теория вероятностей: М.: Высшая школа, 2001 (17) А. А. Лебедев, В. Т. Бобронников, М. Н. Красильщиков. . Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1985 (1) А. С. Шалыгин. . Основы статистической динамики летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (2) В. Е. Гмурман. . Теория вероятностей и математическая статистика: Москва: Юрайт, 2022 (25)	36
Итого по разделу 3		36
<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.	А. С. Шалыгин. . Основы статистической динамики летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (2) Д. Т. Письменный. . Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам: М.: АЙРИС-ПРЕСС, 2006 (9) Е. С. Вентцель. . Теория вероятностей: М.: Высшая школа, 2001 (14)	7
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;
- 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.

#### Отчет по практическому заданию

Комплект практических заданий входит в состав УМК дисциплины.

Практическое задание (ПЗ) считается выполненным, если студент полностью выполнил все пункты ПЗ. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненному заданию и ответов на вопросы преподавателя.

При оформлении 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.
- Студент обязан выполнять все ПЗ в срок и сдавать их преподавателю согласно графику мероприятий межсессионного контроля.
- 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.
- Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:
- отсутствия необходимых разделов,
  - отсутствия необходимого графического материала.

#### 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

Защита курсовой работы проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Курсовая работа не может быть принята и подлежит доработке в случае:

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

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.

Перечень тем курсовых проектов представлен в УМК дисциплины.

### **Экзамен**

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

Экзамен проводится в форме ответов на два вопроса экзаменационного билета. Комплект билетов входит в состав УМК дисциплины.

Итоги сдачи экзамена оцениваются следующим образом:

- полный правильный ответ на оба вопроса – отлично;
- полный правильный ответ на один из вопросов с дополнительным собеседованием по второму – хорошо;
- неполные ответы на оба вопроса с дополнительным собеседованием по их тематике – 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		ПК-1		
4	7	Раздел 1. Вероятностные математические модели баллистики БПЛА.	43	18	12	6	25	25	Вопросы для текущего контроля, Отчет по практическому заданию	
4	7	Раздел 2. Математические модели баллистики БПЛА при воздействии случайных функций.	37	12	10	2	25	25	Вопросы для текущего контроля, Отчет по практическому заданию, Курсовая работа	
4	7	Раздел 3. Стохастическая модель воздействия в виде спектрального разложения.	51	15	8	7	36	25	Вопросы для текущего контроля, Отчет по практическому заданию, Курсовая работа	
4	7	Раздел 4. Экспериментальные методы определения статистических характеристик.	13	6	4	2	7	25	Вопросы для текущего контроля	
Всего за 7 семестр			144	51	34	17	93	100		
Всего по дисциплине			144	51	34	17	93	100		



**Оценочные материалы по дисциплине ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ БПЛА**

**ПК-1 - Способен к проведению научных исследований и разработке проектных решений в области динамики и систем управления БПЛА**

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

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

- a. Рассеивание значений случайной величины относительно её математического ожидания.
- b. Максимально возможное значение случайной величины
- c. Среднее арифметическое наблюдаемых значений случайной величины при большом числе опытов.
- d. Среднеквадратическое отклонение случайной величины относительно её математического ожидания.
- e. Минимально возможное значение случайной величины

№ 2 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

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

В чем заключается эргодическое свойство стационарного случайного процесса?

- a. 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
- b. Среднее значение по любому сечению можно заменить на среднее значение по одной достаточно продолжительной реализации.
- c. Все вероятностные характеристики случайного процесса не зависят от времени
- d. Совместные плотности распределения вероятности случайного процесса имеют нормальные (гауссовы) законы распределения.

- № 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Какой случайный процесс называется стационарным?
- Случайный процесс называется стационарным, если все вероятностные характеристики случайного процесса не зависят от времени.
  - Если совместные плотности распределения вероятности случайного процесса имеют нормальные (гауссовы) законы распределения.
  - Это случайный процесс, поведение которого в последующий момент времени определяется только его текущим состоянием и не зависит от предыстории.
  - Среднее значение по любому сечению случайного процесса можно заменить на среднее значение по одной достаточно продолжительной реализации.
  - Случайный процесс называется стационарным, если все вероятностные характеристики случайного процесса зависят от времени.
- № 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
- Чем корреляционный момент отличается от ковариации?
- № 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
- На какие группы делятся случайные факторы?
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Генератор случайных чисел порождает последовательность случайных чисел со следующими характеристиками:
- в интервале (0;1)
  - с равномерным законом распределения
  - в интервале (a;b)
  - с нормальным законом распределения
  - с любым законом распределения
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Выберете наиболее употребительные начальные моменты
- $$\alpha_r = M[X^r]$$
- случайной величины:
- $\alpha_1$
  - $\alpha_2$
  - $\alpha_3$
  - $\mu_1$
  - $\mu_2$
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Стационарный случайный процесс в узком смысле характеризуется:
- математическое ожидание постоянно
  - дисперсия постоянна
  - 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  $\tau$
  - 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  $\tau$

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

№ 10 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

№ 11 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

№ 12 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