

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 Юнаков Л. П.
 (подпись) ФИО
 «___» _____ 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 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	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: 2024

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 Толпегин О.А., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Толпегин О.А., д.т.н., проф.

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:

ОПК-1 — способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
ПСК-2.1 — Способность к проведению научных исследований и разработке проектных решений в области динамики и систем управления БПЛА

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-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 летательных 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 летательных 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.

ПСК-2.1

знания:

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

знать требования, предъявляемые к системам управления и наведения летательных 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.

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, ДИНАМИКА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**.

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
- ПСК-2.2 — Способность к разработке методик исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов
- ПСК-2.5 — Способность к разработке структуры систем управления БПЛА
- ПСК-2.6 — Способность к разработке и исследованию алгоритмов функционирования системы управления БПЛА

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		ОПК-1	ПСК-2.1
4	7	Раздел 1. Вероятностные математические модели баллистики БПЛА. 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	Раздел 2. Математические модели баллистики БПЛА при воздействии случайных функций. 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.	32	12	10	2	20	25	25
4	7	Раздел 3. Стохастическая модель воздействия в виде спектрального разложения. 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.	30	15	8	7	15	25	25
4	7	Раздел 4. Экспериментальные методы определения статистических характеристик. 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	Раздел 4. Экспериментальные	Нахождение оценок математического ожидания, дисперсии и корреляционного момента случайных величин и	2

	методы определения статистических характеристик.	стационарных случайных процессов.	
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. 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
Всего за 7 семестр			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
Всего за 7 семестр		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, 2002, 12 экз.
6. Е. С. Вентцель. . Теория вероятностей. М.: Высшая школа, 2001, 65 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 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 - 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*:

ОПК-1 способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности;

ПСК-2.1 Способность 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 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.
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.	В. Е. Гмурман. . Теория вероятностей и математическая статистика: Москва: Юрайт, 2022 (6-14) Е. С. Вентцель. . Теория вероятностей: М.: Высшая школа, 2002 (5-8) Д. Т. Письменный. . Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам: М.: АЙРИС-ПРЕСС, 2006 (2-5) 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 (1) А. С. Шалыгин. . Основы статистической динамики летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1) В. Е. Гмурман. . Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: Москва: Юрайт, 2020 (4-8) Е. С. Вентцель. . Теория вероятностей: М.: Высшая школа, 2001 (5-8)	15
Итого по разделу 1		15
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.	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 (23,24)	20

	<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. . Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: Москва: Юрайт, 2020 (16-17)</p> <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, 2001 (15-16)</p>	
Итого по разделу 2		20
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.	<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>В. Е. Гмурман. . Теория вероятностей и математическая статистика: Москва: Юрайт, 2022 (25)</p> <p>Н. П. Деменков. . Статистическая динамика систем управления: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017 (1)</p> <p>Е. С. Вентцель. . Теория вероятностей: М.: Высшая школа, 2001 (17)</p> <p>Д. Т. Письменный. . Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам: М.: АЙРИС-ПРЕСС, 2006 (6)</p> <p>А. А. Лебедев, В. Т. Бобронников, М. Н. Красильщиков. . Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1985 (1)</p>	15
Итого по разделу 3		15
Раздел 4. Экспериментальные методы определения статистических характеристик.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Оформление отчетов по практическим заданиям.	<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 (9)</p> <p>Е. С. Вентцель. . Теория вероятностей: М.: Высшая школа, 2001 (14)</p>	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.

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		ОПК-1	ПСК-2.1	
4	7	Раздел 1. Вероятностные математические модели баллистики БПЛА.	33	18	12	6	15	25	25	Вопросы для текущего контроля, Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 2. Математические модели баллистики БПЛА при воздействии случайных функций.	32	12	10	2	20	25	25	Вопросы для текущего контроля, Отчет по практическому заданию, Курсовая работа
4	7	Раздел 3. Стохастическая модель воздействия в виде спектрального разложения.	30	15	8	7	15	25	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	25	Вопросы для текущего контроля
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	

Критерии оценивания

ОПК-1

Вопросы открытого типа:

- № 1 На какие группы делятся случайные факторы?
- № 2 Для чего используется формула Байеса?
- № 3 Для чего используется формула полной вероятности?
- № 4 Чем корреляционный момент отличается от ковариации?
- № 5 Какой случайный процесс называется Марковским?
- № 6 Как называется случайная величина, которая принимает все числовые значения из некоторого конечного или бесконечного промежутка?
- № 7 Верно ли утверждение, что, если ковариация (коэффициент корреляции) меньше нуля, то говорят об отрицательной корреляции между величинами X и Y : с возрастанием X величина Y в среднем имеет тенденцию убывать.
- № 8 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 $Z(t)=X(t)+Y(t)$.
- № 9 Верно ли утверждение, что математическое ожидание интеграла от случайной функции равно интегралу от ее математического ожидания?
- № 10 Верно ли утверждение, что математическое ожидание производной от случайной функции не равно производной от ее математического ожидания?

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Соотнесите моменты с их названиями
 - 1. α_1
 - 2. α_2
 - 3. μ_2
 - 4. μ_{11}
 - a. математическое ожидание
 - b. средний квадрат
 - c. дисперсия
 - d. корреляционный момент
 - e. ковариация
 - f. среднеквадратическое отклонение
- № 2 Генератор случайных чисел порождает последовательность случайных чисел со следующими характеристиками:
 - a. в интервале (0;1)
 - b. с равномерным законом распределения
 - c. в интервале (a;b)
 - d. с нормальным законом распределения
 - e. с любым законом распределения
- № 3 Чем характеризуется дискретная случайная величина?

- a. функцией распределения
b. рядом распределения
c. плотностью вероятности
d. математическим ожиданием
e. дисперсией
- № 4 Какие события называются независимыми?
- a. Если вероятность одного события зависит от того, произошло другое событие или нет.
b. Если появление одного из них не исключает появления другого.
c. Если вероятность одного события не зависит от того, произошло другое событие или нет.
d. Если появление одного из них исключает появление другого.
e. Нет правильного ответа.
- № 5 Какие события называются совместными?
- a. Если появление одного из них исключает появление другого.
b. Если вероятность одного события не зависит от того, произошло другое событие или нет.
c. Если появление одного из них не исключает появления другого.
d. Если вероятность одного события зависит от того, произошло другое событие или нет.
e. Если появление одного из них, гарантирует появление второго события
- № 6 Выберите наиболее употребительные начальные моменты
- $$\alpha_r = M[X^r]$$
- случайной величины:
- a. α_1
b. α_2
c. α_3
d. μ_1
e. μ_2
- № 7 Выберите наиболее употребительные центральные моменты
- $$\mu_r = M[(X - m_x)^r]$$
- случайной величины:
- a. α_1
b. α_2
c. α_3
d. μ_1
e. μ_2
- № 8 Что называется системой двух случайных величин?
- a. Несколько взаимозависимых случайных величин.
b. Несколько случайных величин, рассматриваемых совместно.

- с. Несколько случайных величин, полученных в разные моменты времени посредством случайной функции.
- d. Несколько случайных величин, принимаемых все числовые значения из некоторого конечного или бесконечного промежутка, рассматриваемых независимо друг от друга.
- е. Нет правильного ответа.
- № 9 Что определяет дисперсия (центральный момент 2 порядка) случайной величины?
- a. Рассеивание значений случайной величины относительно её математического ожидания.
- b. Максимально возможное значение случайной величины
- с. Среднее арифметическое наблюдаемых значений случайной величины при большом числе опытов.
- d. Среднеквадратическое отклонение случайной величины относительно её математического ожидания.
- е. Минимально возможное значение случайной величины
- № 10 Что определяет функция распределения?
- a. Функция распределения определяет вероятность того, что случайная величина X примет одно из значений некоторого отрезка $[a, b]$
- b. Функция распределения определяет вероятность того, что случайная величина X примет значение, меньшее x , где x — произвольное действительное число.
- с. Функция распределения определяет вероятность того, что случайная величина X не примет одно из значений некоторого отрезка $[a, b]$
- d. Функция распределения определяет вероятность того, что случайная величина X примет значение, большее или равное x , где x — произвольное действительное число.
- е. Нет правильного ответа

ПСК-2.1

Вопросы открытого типа:

- № 1 Верно ли утверждение, что при сложении двух случайных функций их математические ожидания складываются?
- № 2 Верно ли утверждение, что при сложении некоррелированных случайных функций их корреляционные функции перемножаются?
- № 3 Как называется статистический критерий проверки гипотезы о предполагаемом законе неизвестного распределения?
- № 4 Чему равна полная площадь, ограниченная графиком нормированной спектральной плотности?
- № 5 Верно ли утверждение, что корреляционная функция и спектральная плотность стационарного случайного процесса связаны между собой взаимно обратными косинус-преобразованиями Фурье.
- № 6 Что позволяет оценить неравенство Чебышева?
- № 7 Что устанавливает теорема Бернулли?
- № 8 Что называется каноническим разложением случайного процесса?
- № 9 Перечислите свойства спектральной плотности.
- № 10 Что называется спектральным разложением стационарного случайного процесса?

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Что показывает математическое ожидание (начальный момент первого порядка)?
- a. Минимально возможное значение случайной величины.
- b. Рассеивание значений случайной величины относительно её среднего значения.

- с. Среднее арифметическое наблюдаемых значений случайной величины при большом числе опытов.
- d. Максимально возможное значение случайной величины
- е. Значение случайной величины, которые никогда не выпадет
- № 2 Что такое стохастическая модель движения ЛА?
- a. Если в модели движения ЛА все величины являются детерминированными.
- b. Если в модели движения ЛА среди величин имеются случайные, то есть определяемые, лишь некоторыми вероятностными характеристиками.
- с. Если в модели движения ЛА все величины изменяются по соотношениям, определенным однозначно.
- d. Если в модели движения ЛА все фазовые координаты являются детерминированными.
- е. Если в модели движения ЛА все фазовые координаты и все величины являются детерминированными.
- № 3 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 деленное 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
- с. теорема Маркова
- d. теорема Бернулли
- е. неравенство Чебышева
- № 4 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.
- с. Все вероятностные характеристики случайного процесса не зависят от времени
- d. Совместные плотности распределения вероятности случайного процесса имеют нормальные (гауссовы) законы распределения.
- № 5 Какой случайный процесс называется стационарным?

- a. Случайный процесс называется стационарным, если все вероятностные характеристики случайного процесса не зависят от времени.
- b. Если совместные плотности распределения вероятности случайного процесса имеют нормальные (гауссовы) законы распределения.
- c. Это случайный процесс, поведение которого в последующий момент времени определяется только его текущим состоянием и не зависит от предыстории.
- d. Среднее значение по любому сечению случайного процесса можно заменить на среднее значение по одной достаточно продолжительной реализации.
- e. Случайный процесс называется стационарным, если все вероятностные характеристики случайного процесса зависят от времени.
- № 6 Стационарный случайный процесс в узком смысле характеризуется:
- a. математическое ожидание постоянно
- b. дисперсия постоянна
- c. 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 τ
- d. 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 τ
- № 7 e. корреляционная функция зависит от двух аргументов: t_1 и t_2
Теорема Чебышева устанавливает, что
- a. достаточно большая сумма сравнительно малых случайных величин ведет себя как нормальная случайная величина
- b. при проведении N независимых испытаний, в которых может появиться или не появиться некоторое событие A , вероятность появления которого в каждом опыте равна P , частота появления некоторого события A сходится по вероятности к его вероятности P при неограниченном увеличении числа опытов N .
- c. случайная величина X примет значение, большее или равное x , где x — произвольное действительное число.
- d. среднее арифметическое большого числа случайных величин ведет себя, как среднее арифметическое их математических ожиданий.
- № 8 e. Нет правильного ответа
Чтобы оценка была качественной, она должна быть:
- a. несмещенной
- b. состоятельной
- c. эффективной
- d. смещенной
- e. несостоятельной
- № 9 f. неэффективной
Что такое случайный процесс?
- a. Случайным процессом называется случайная функция, аргументом которой является время.
- b. Случайным процессом называется функция, аргументом которой является случайная величина.

№ 10

- с. Случайным процессом называется совокупность случайных величин.
 - d. Случайным процессом называется функция, выходные значения которой однозначно зависят от аргумента
 - e. Случайным процессом называется сумма случайных величин.
- Что утверждает центральная предельная теорема?
- a. Центральная предельная теорема утверждает, что при проведении N независимых испытаний, в которых может появиться или не появиться некоторое событие A , вероятность появления которого в каждом опыте равна P , частота появления некоторого события A сходится по вероятности к его вероятности P при неограниченном увеличении числа опытов N .
 - b. Центральная предельная теорема утверждает, что среднее арифметическое большого числа случайных величин ведет себя, как среднее арифметическое их математических ожиданий.
 - с. Центральная предельная теорема утверждает, что достаточно большая сумма сравнительно малых случайных величин ведет себя как нормальная случайная величина
 - d. Центральная предельная теорема утверждает, что случайная величина X примет значение, большее или равное x , где x — произвольное действительное число.
 - e. Нет верного определения