

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

 (подпись) Левихин А.А.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Направление/специальность подготовки	24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Наземное технологическое оборудование стартовых систем
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ 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	
5	9	3	108	51	0	0	51	57	0	0	57	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И _____
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Синильщиков Валерий Борисович, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Андреев О.В., к.т.н. _____

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Андреев О.В., к.т.н. _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

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-8.1 — Способен проводить обработку данных по результатам цифрового моделирования различных процессов, в том числе применять системы автоматизированного инженерного анализа для получения требуемых данных, при функционировании элементов и узлов стартовых систем, комплексов и изделий РКТ

ПК-94 — Способен к управлению информацией и данными, поиску источников информации и данных, восприятию, анализу, запоминанию и передаче информации с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-8.1

знания:

на уровне представлений: знать условия, при которых прикладные задачи должны решаться в вероятностной постановке;;

на уровне понимания знать особенности различных методов, их достоинства и недостатки; знать способы математического описания типовых случайных факторов, воздействующих на динамические системы;

умения:

теоретические: использовать изученные методы расчёта, при разработке прикладных программ для задач различной предметной области;

навыки:

проведения прикладных расчетов (в том числе – динамических) объектов и систем, испытывающих случайные воздействия.

ПК-94

знания:

на уровне воспроизведения знать основные типы задач имитационного моделирования и методы их решения;;

умения:

практические: уметь анализировать результаты расчетов, выявлять основные закономерности процессов и предлагать структурные решения и значения параметров, направленные на повышение эффективности разрабатываемых технических систем;

навыки:

анализа результатов прикладных расчетов (в том числе – динамических) объектов и систем, испытывающих случайные воздействия.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОСНОВЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания физико-математической подготовки бакалавра и служит основой для освоения дисциплин: **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ, МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

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	Практические занятия		ПК-8.1	ПК-94
5	9	Раздел 1. Общая характеристика случайных воздействий. Понятие об имитационном моделировании. 1.1 Виды случайных воздействий: случайные события, случайные величины, случайные процессы и случайные поля. Примеры. Связь случайности и неустойчивости. 1.2 Общие подходы к учету случайных воздействий. Понятие о спектральном подходе и имитационном моделировании. Решаемые задачи. 1.3. Генераторы случайных чисел в языках программирования и программных пакетах. Принципы реализации и требования.	6	2	2	4	5	10
5	9	Раздел 2. Моделирование случайных событий. 2.1. Моделирование опыта с двумя исходами. 2.2. Моделирование опыта с конечным и счетным числом исходов. 2.3 Оценка вероятности случайного события по результатам имитационного моделирования. Связь погрешности с числом испытаний. 2.4. Особенности программной реализации задач моделирования случайных событий. 2.5. Моделирование артиллерийской дуэли в разных постановках 2.6. Моделирование надежности сложной системы с дублированием с учетом отказов.	14	6	6	8	10	15
5	9	Раздел 3. Моделирование случайных величин. 3.1. Основные характеристики случайных величин. 3.2. Моделирование дискретных случайных величин. 3.3. Моделирование равномерно распределенных случайных величин. Определение числа п методом Монте-Карло. 3.4. Моделирование случайных величин, распределенных в ограниченном интервале. 3.5. Усеченное нормальное распределение. Моделирование поражения цели при стрельбе с отклонениями по двум осям. 3.6. Моделирование случайных величин по обратной функции распределения. 3.7. Экспоненциальное распределение. 3.8. Моделирование нормально распределенных случайных величин по алгоритму Марсалье. 3.9. Оценки математического ожидания, дисперсии, плотности вероятности и функции распределения случайных величин по результатам моделирования. 3.10. Моделирование динамики функционирования сложной системы с учетом времени отказов.	24	8	8	16	20	10
5	9	Раздел 4. Основные характеристики случайных процессов. 4.1. Математическое ожидание и дисперсия случайных процессов. 4.2. Автокорреляционная функция случайных процессов. 4.3. Стационарные и квазистационарные случайные процессы. Условия квазистационарности. Эргодические случайные процессы. 4.4. Примеры автокорреляционных функций: белый шум, морское волнение, дорожная неровность для различных типов дорог. 4.5. Спектральная плотность. Связь с автокорреляционной функцией. Случайный процесс как предельный случай полигармонической функции.	8	6	6	2	15	10
5	9	Раздел 5. Спектральный метод расчета динамики линейных систем при случайном воздействии. 5.1. Комплексное представление гармонических колебаний. 5.2. Связь амплитуды воздействия с амплитудой колебаний линейной системы при гармоническом и полигармоническом воздействии. 5.3. Связь спектральной плотности параметров воздействия со спектральной плотностью параметров колебаний динамической системы при случайном нагружении. 5.4. Проблема определения предельных значений. 5.5. Расчет спектра виброускорений амортизируемого объекта по спектру перемещений основания. 5.6. Расчет спектра виброускорений автомобиля с линейной подвеской при движении по дороге с неровностями 5.7. Определение спектра виброускорений водителя с учетом податливости сиденья.	16	8	8	8	10	10
5	9	Раздел 6. Полигармоническое представление реализаций случайных процессов. 6.1. Понятие о реализации случайных процессов. Требования к реализациям. Эргодичность реализаций. 6.2. Полигармоническая аппроксимация энергетического спектра. Способы задания частот и определения амплитуд. 6.3. Программная реализация метода. 6.4. Проблема эргодичности при расчете систем с «острым» резонансом. Методы повышения точности. 6.5. Достоинства, недостатки и область применения метода. 6.6. Оценки статистических характеристик по результатам имитационного моделирования. 6.7. Расчет колебаний плоской панели в акустическом поле. 6.8. Реализация микропрофиля дорожной неровности полигармоническим методом и расчет плавности хода автомобиля.	15	5	5	10	10	10
5	9	Раздел 7. Построение реализаций случайных процессов методами скользящего суммирования. Раздел 7. Построение реализаций случайных процессов методами скользящего суммирования. 7.1. Представление реализации по методу скользящего суммирования. 7.2. Требования к шагу дискретизации и количеству точек. 7.3. Определение коэффициентов по автокорреляционной функции. 7.4. Определение коэффициентов по спектральной плотности. 7.5. Проблема переходного процесса. Способы решения. 7.6. Достоинства, недостатки и условия применения метода. 7.7. Построение реализаций микропрофиля дорожной неровности. 7.8. Расчет плавности хода автомобиля.	15	6	6	9	10	10
5	9	Раздел 8. Построение реализаций случайных процессов методом формирующего фильтра. 8.1. Принцип построения реализации по методу формирующего фильтра. 8.2. Алгоритм построения системы дифференциальных уравнений формирующего фильтра. 8.3. Уравнения формирующего фильтра для простейших выражений спектральной плотности. 8.4. Достоинства, недостатки и условия применения метода.	4	4	4	0	10	10
5	9	Раздел 9. Общие принципы имитационного моделирования функционирования подвижной военной техники в боевых условиях. 9.1. Общая характеристика и различные варианты постановки задачи. 9.2. Модели объекта 9.3. Модели выполнения боевой задачи 9.4. Модели внешних условий 9.5. Модели воздействия противника 9.6. Влияние отказов.	6	6	6	0	10	15
Всего за 9 семестр			108	51	51	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	51	57	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Общая характеристика случайных воздействий. Понятие об имитационном моделировании.	Общая характеристика случайных воздействий. Понятие об имитационном моделировании	2
2	Раздел 2. Моделирование случайных событий.	Алгоритмы моделирования случайных событий. Оценка вероятности события по результатам моделирования и ее погрешность.	3
3		Решение задач на моделирование случайных событий	3
4	Раздел 3. Моделирование случайных величин.	Моделирование случайных величин с различными законами распределения	6
5		Оценки математического ожидания, дисперсии, плотности вероятности и функции распределения случайных величин по результатам моделирования.	2
6	Раздел 4. Основные характеристики случайных процессов.	Основные характеристики случайных процессов	6
7	Раздел 5. Спектральный метод расчета динамики линейных систем при случайном воздействии.	Спектральный метод расчета динамики линейных систем при случайном воздействии	6
8		Спектральная теория подрессоривания транспортных средств	2
9	Раздел 6. Полигармоническое представление реализаций случайных процессов.	Полигармоническое представление реализаций случайных процессов	5
10	Раздел 7. Построение реализаций случайных процессов методами скользящего суммирования.	Построение реализаций случайных процессов методами скользящего суммирования	6
11	Раздел 8. Построение реализаций случайных процессов методом формирующего фильтра.	Построение реализаций случайных процессов методом формирующего фильтра	4
12	Раздел 9. Общие принципы имитационного моделирования функционирования подвижной военной техники в боевых условиях.	Общие принципы имитационного моделирования функционирования подвижной военной техники в боевых условиях	6
Всего за 9 семестр			51

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Общая характеристика случайных воздействий. Понятие об имитационном моделировании.	Генераторы случайных чисел в языках программирования и программных пакетах. Принципы реализации и требования.	4
2	Раздел 2. Моделирование случайных событий.	Решение задач на моделирование случайных событий (артиллерийская дуэль, отказы в сложных системах с дублированием)	8
3	Раздел 3. Моделирование случайных величин.	Моделирование поражения цели при стрельбе с отклонениями по двум осям.	4
4		Оценки математического ожидания, дисперсии, плотности вероятности и функции распределения случайных величин по результатам моделирования.	4
5		Моделирование динамики функционирования сложной системы с учетом времени отказов.	4
6		Определение числа π методом Монте-Карло.	4
7	Раздел 4. Основные характеристики случайных процессов.	Подготовка к аудиторному практикуму.	2
8	Раздел 5. Спектральный метод	Подготовка к аудиторному практикуму	2

9	расчета динамики линейных систем при случайном воздействии.	Расчет колебаний двухосных и многоосных автомобилей с использованием спектрального подхода	6
10	Раздел 6. Полигармоническое представление реализаций случайных процессов.	Расчет колебаний плоской панели в акустическом поле	5
11		Реализация микропрофиля дорожной неровности полигармоническим методом и расчет плавности хода автомобиля	5
12	Раздел 7. Построение реализаций случайных процессов методами скользящего суммирования.	Реализация микропрофиля дорожной неровности методом скользящего суммирования и расчет плавности хода автомобиля	9
Всего за 9 семестр			57

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
9			Задан	Задан	Задан	ДР				ДР		Задан		Задан		ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Задан – задание;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

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

- диагностическая работа;
- задание;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Моделирование процессов и систем. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
2. . Моделирование систем и процессов. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
3. А. В. Петров. . Моделирование процессов и систем. СПб.: Лань, 2019, 30 экз.
4. А. С. Шалыгин, Ю. И. Палагин. . Моделирование случайных процессов и полей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1997, 91 экз.
5. Б. Н. Белоусов, С. Д. Попов. . Колёсные транспортные средства особо большой грузоподъёмности. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006, эл. рес.
6. Б. П. Родин. . Спектральное разложение стационарного случайного процесса. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 70 экз.
7. В. П. Зюзликов, Б. Е. Синильщиков, В. Б. Синильщиков. . Моделирование микропрофиля дорожной неровности. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
8. В. П. Строгалёв, И. О. Толкачёва. . Имитационное моделирование. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018, эл. рес.
9. М. М. Жилейкин, Г. О. Котиев. . Моделирование систем транспортных средств. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020, 15 экз.
10. М. М. Жилейкин, Г. О. Котиев. . Моделирование систем транспортных средств. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020, эл. рес.
11. Ю. А. Кораблёв. . Имитационное моделирование. М.: КноРус, 2017, 70 экз.
12. Ю. Г. Древс, В. В. Золотарёв. . Имитационное моделирование. Москва: Юрайт, 2023, эл. рес.
13. Ю. Г. Древс, В. В. Золотарёв. . Имитационное моделирование. М.: Юрайт, 2023, 5 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

1. Вопросы оборонной техники. Серия 16.

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

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://repository.library.voenmeh.ru/jspui/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

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 2015a SP1.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Практические занятия:

1. Matlab 2015a SP1.

6.2. 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 ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-8.1 Способен проводить обработку данных по результатам цифрового моделирования различных процессов, в том числе применять системы автоматизированного инженерного анализа для получения требуемых данных, при функционировании элементов и узлов стартовых систем, комплексов и изделий РКТ;

ПК-94 Способен к управлению информацией и данными, поиску источников информации и данных, восприятию, анализу, запоминанию и передаче информации с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с моделированием событий и процессов при случайных воздействиях:

- 1) знакомство с видами случайных воздействий и их вероятностными характеристиками;
- 2) изучение различных методов имитации случайных событий и процессов, их достоинств, недостатков и областей применения;
- 3) изучение принципов решения динамических задач при случайных воздействиях.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- задание;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены практические занятия (**51 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. Общая характеристика случайных воздействий. Понятие об имитационном моделировании.		
Генераторы случайных чисел в языках программирования и программных пакетах. Принципы реализации и требования.	Ю. А. Кораблёв. . Имитационное моделирование: М.: КноРус, 2017 (1) В. П. Строгалёв, И. О. Толкачёва. . Имитационное моделирование: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (1) Ю. Г. Древс, В. В. Золотарёв. . Имитационное моделирование: Москва: Юрайт, 2023 (1)	4
Итого по разделу 1		4
Раздел 2. Моделирование случайных событий.		
Решение задач на моделирование случайных событий (артиллерийская дуэль, отказы в сложных системах с дублированием)	. Моделирование процессов и систем: Москва: Юрайт, 2020 (2) А. В. Петров. . Моделирование процессов и систем: СПб.: Лань, 2019 (2)	8
Итого по разделу 2		8
Раздел 3. Моделирование случайных величин.		
Моделирование поражения цели при стрельбе с отклонениями по двум осям.	Ю. А. Кораблёв. . Имитационное моделирование: М.: КноРус, 2017 (4) . Моделирование систем и процессов: Москва: Юрайт, 2020 (3) Ю. Г. Древс, В. В. Золотарёв. . Имитационное моделирование: Москва: Юрайт, 2023 (4)	4
Оценки математического ожидания, дисперсии, плотности вероятности и функции распределения случайных величин по результатам моделирования.		4
Моделирование динамики функционирования сложной системы с учетом времени отказов.		4
Определение числа п методом Монте-Карло.		4
Итого по разделу 3		16
Раздел 4. Основные характеристики случайных процессов.		
Подготовка к аудиторному практикуму.	. Моделирование процессов и систем: Москва: Юрайт, 2020 (3) А. С. Шалыгин, Ю. И. Палагин. . Моделирование случайных процессов и полей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1997 (2) В. П. Зюзликов, Б. Е. Синильщиков, В. Б. Синильщиков. . Моделирование микропрофиля дорожной неровности:	2

	СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (1)	
Итого по разделу 4		2
Раздел 5. Спектральный метод расчета динамики линейных систем при случайном воздействии.		
Подготовка к аудиторному практикуму	Б. П. Родин. . Спектральное разложение стационарного случайного процесса: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (2,3)	2
Расчет колебаний двухосных и многоосных автомобилей с использованием спектрального подхода	М. М. Жилейкин, Г. О. Котиев. . Моделирование систем транспортных средств: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020 (2-4) Ю. Г. Дреус, В. В. Золотарёв. . Имитационное моделирование: Москва: Юрайт, 2023 (7)	6
Итого по разделу 5		8
Раздел 6. Полигармоническое представление реализаций случайных процессов.		
Расчет колебаний плоской панели в акустическом поле	. Моделирование процессов и систем: Москва: Юрайт, 2020 (5) В. П. Зюзликов, Б. Е. Синильщиков, В. Б. Синильщиков. . Моделирование микропрофиля дорожной неровности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (2)	5
Реализация микропрофиля дорожной неровности полигармоническим методом и расчет плавности хода автомобиля		5
Итого по разделу 6		10
Раздел 7. Построение реализаций случайных процессов методами скользящего суммирования.		
Реализация микропрофиля дорожной неровности методом скользящего суммирования и расчет плавности хода автомобиля	. Моделирование процессов и систем: Москва: Юрайт, 2020 (5) А. С. Шальгин, Ю. И. Палагин. . Моделирование случайных процессов и полей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1997 (4) В. П. Зюзликов, Б. Е. Синильщиков, В. Б. Синильщиков. . Моделирование микропрофиля дорожной неровности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (2)	9
Итого по разделу 7		9

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы к экзамену;
- задание;
- 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.

Вопросы к экзамену

Экзаменационные билеты, содержащие теоретический вопрос и задачу, входят в состав УМК дисциплины.

Задание

Выполнение заданий направлены на контроль усвоения учебного материала соответствующих разделов программы дисциплины.

Комплекты заданий представлены в УМК дисциплины.

Задания выполняются совместно группой. При необходимости преподаватель оказывает консультацию.

Задания считаются выполненными, если получен правильный результат с относительной погрешностью не более 1%.

Экзамен

Допуском к сдаче экзамена является выполнение всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий рабочей программы дисциплины.

Экзамен по дисциплине проходит в форме устного собеседования по вопросам экзаменационного билета и решения задачи.

Критерии оценивания:

- отсутствие правильно решенной задачи и правильные ответы менее чем на 50% вопросов - оценка "неудовлетворительно";
- отсутствие правильно решенной задачи и правильные ответы на 50-75% вопросов - оценка «удовлетворительно»;
- отсутствие правильно решенной задачи и правильные ответы на 75-100% вопросов - оценка «хорошо»;
- правильно решенная задача - оценка "отлично".

Также возможно получение оценки «удовлетворительно» по дисциплине посредством сдачи теста. Для того необходимо ответить на более 50% вопросов теста.

Тестовое задание входит в состав УМК дисциплины.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме		Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Практические занятия		ПК-8.1	ПК-94	
5	9	Раздел 1. Общая характеристика случайных воздействий. Понятие об имитационном моделировании.	6	2	2	4	5	10	Вопросы к экзамену
5	9	Раздел 2. Моделирование случайных событий.	14	6	6	8	10	15	Вопросы к экзамену, Задание
5	9	Раздел 3. Моделирование случайных величин.	24	8	8	16	20	10	Вопросы к экзамену, Задание
5	9	Раздел 4. Основные характеристики случайных процессов.	8	6	6	2	15	10	Вопросы к экзамену
5	9	Раздел 5. Спектральный метод расчета динамики линейных систем при случайном воздействии.	16	8	8	8	10	10	Вопросы к экзамену, Задание
5	9	Раздел 6. Полигармоническое представление реализаций случайных процессов.	15	5	5	10	10	10	Вопросы к экзамену, Задание
5	9	Раздел 7. Построение реализаций случайных процессов методами скользящего суммирования.	15	6	6	9	10	10	Вопросы к экзамену, Задание
5	9	Раздел 8. Построение реализаций случайных процессов методом формирующего фильтра.	4	4	4	0	10	10	Вопросы к экзамену
5	9	Раздел 9. Общие принципы имитационного моделирования функционирования подвижной военной техники в боевых условиях.	6	6	6	0	10	15	Вопросы к экзамену
Всего за 9 семестр			108	51	51	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	51	57	100	100	

Оценочные материалы по дисциплине ОСНОВЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

ПК-8.1 - Способен проводить обработку данных по результатам цифрового моделирования различных процессов, в том числе применять системы автоматизированного инженерного анализа для получения требуемых данных, при функционировании элементов и узлов стартовых систем, комплексов и изделий РКТ

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

Приведите в соответствие математические характеристики случайных процессов и их вербальное описание

Характеристика	Описание
1. Математическое ожидание	А. Для центрированных процессов – среднее значение квадрата случайной величины
2. Среднеквадратическое отклонение	Б. Для центрированных процессов – корень квадратный из среднего значения квадрата случайной величины
3. Спектральная плотность	В. Мера статистической взаимосвязи значений случайного процесса в разных точках
4. Автокорреляционная функция	Г. Характеризует распределение энергии случайного процесса по частотам Д. Характеристика детерминированной составляющей случайного процесса

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Сравните два способа исследования динамики систем при воздействиях, заданных в виде случайных процессов: спектральный подход и имитационное моделирование. В чем достоинства и недостатки каждого из подходов?

№ 3 Прочитайте текст и установите последовательность

Опишите последовательность операций при моделировании случайной величины x распределенной в ограниченной области $[a,b]$ и имеющей плотность вероятности $f(x)$

1. Разыгрывание случайной величины z , равномерно распределенной в пределах $[0, f_{max}]$
2. Сравнение двух значений и при необходимости – возврат в начало алгоритма
3. Разыгрывание случайной величины y , равномерно распределенной в пределах области $[a,b]$

№ 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Как решить проблему «острого» резонанса при имитационном моделировании динамики системы при воздействии в виде случайного процесса с использованием его полигармонического представления?

№ 5 Прочитайте текст и установите соответствие

Приведите в соответствие случайные факторы и наиболее полные их математические характеристики из перечисленных

Фактор	Математическая характеристика
1. Случайное событие	А. Математическое ожидание
2. Случайная величина	Б. Дисперсия
3. Центрированный случайный процесс	В. Автокорреляционная функция Г. Вероятность Д. Плотность вероятности

- № 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие статистические характеристики централизованного стационарного эргодического случайного процесса $x(t)$ позволяют оценить его предельное значение?
1. Математическое ожидание Mx
 2. Дисперсия Dx
 3. Автокорреляционная функция $Kx(\tau)$
 4. Спектральная плотность $Sx(\omega)$.
- № 7 Прочитайте текст и установите последовательность
- Расставьте программные блоки типовой программы имитационного моделирования в том порядке, в котором они обычно следуют в программе.
1. Подготовка исходных данных
 2. Разыгрывание случайных факторов
 3. Начало цикла по числу имитационных испытаний
 4. Моделирование функционирования системы
 5. Определение искомых статистических характеристик функционирования системы
 6. Окончание цикла по числу имитационных испытаний
 7. Вывод результатов
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Необходимо снизить погрешность оценки случайной величины методом статистических испытаний в 2 раза. Как нужно изменить число испытаний?
1. Уменьшить в 2 раза;
 2. Увеличить в 1,41 раза;
 3. Увеличить в 2 раза;
 4. Увеличить в 4 раза.
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- В чем основной недостаток полигармонического представления реализации случайного процесса?
1. Большое число операций для воспроизведения
 2. Невозможность использования метода при неаналитических выражениях для спектральной плотности
 3. Неэргодичность реализации
 4. Большой объем предварительных операций по подготовке построения реализации
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Результатом имитационного моделирования является оценка вероятности события, происхождение которого зависит от моделируемых факторов. Ставится задача оценить вероятность с максимальной погрешностью 1%. В качестве максимальной погрешности принять удвоенное среднеквадратическое отклонение. Порядок значения искомой величины заранее неизвестен. Сколько опытов нужно провести?
1. 100
 2. 1 000
 3. 10 000
 4. 100 000
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Отметьте характеристики стационарных эргодических случайных процессов, которые взаимно однозначно связаны друг с другом
1. Математическое ожидание
 2. Дисперсия
 3. Автокорреляционная функция
 4. Спектральная плотность
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Отметьте проблемы, затрудняющие применение методов имитационного моделирования к

задачам надежности сложных технических систем военного назначения

1. Сложность моделирования времени безотказной работы элементов системы.
2. Необходимо проведения очень большого количества опытов/моделирования длительной работы системы
3. Отсутствие достоверных статистических данных по отказам ряда элементов
4. Отсутствие данных по функционированию системы при различных сочетаниях отказов

ПК-94 - Способен к управлению информацией и данными, поиску источников информации и данных, восприятию, анализу, запоминанию и передаче информации с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Сравните два способа исследования динамики систем при воздействиях, заданных в виде случайных процессов: спектральный подход и имитационное моделирование. В чем достоинства и недостатки каждого из подходов?

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

Необходимо снизить погрешность оценки случайной величины методом статистических испытаний в 2 раза. Как нужно изменить число испытаний?

1. Уменьшить в 2 раза;
2. Увеличить в 1,41 раза;
3. Увеличить в 2 раза;
4. Увеличить в 4 раза.

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

В чем основной недостаток полигармонического представления реализации случайного процесса?

1. Большое число операций для воспроизведения
2. Невозможность использования метода при неаналитических выражениях для спектральной плотности
3. Неэргодичность реализации
4. Большой объем предварительных операций по подготовке построения реализации

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

Результатом имитационного моделирования является оценка вероятности события, происхождение которого зависит от моделируемых факторов. Ставится задача оценить вероятность с максимальной погрешностью 1%. В качестве максимальной погрешности принять удвоенное среднеквадратическое отклонение. Порядок значения искомой величины заранее неизвестен. Сколько опытов нужно провести?

1. 100
2. 1 000
3. 10 000
4. 100 000

№ 5 Прочитайте текст и установите соответствие

Приведите в соответствие математические характеристики случайных процессов и их вербальное описание

Характеристика	Описание
1. Математическое ожидание	А. Для центрированных процессов – среднее значение квадрата случайной величины
2. Среднеквадратическое отклонение	Б. Для центрированных процессов – корень квадратный из среднего значения квадрата случайной величины
3. Спектральная плотность	В. Мера статистической взаимосвязи значений случайного процесса в разных точках
4. Автокорреляционная функция	Г. Характеризует распределение энергии случайного процесса по частотам Д. Характеристика детерминированной составляющей

№ 6 Прочитайте текст и установите соответствие

Приведите в соответствие случайные факторы и наиболее полные их математические характеристики из перечисленных

Фактор	Математическая характеристика
1. Случайное событие	А. Математическое ожидание
2. Случайная величина	Б. Дисперсия
3. Центрированный случайный процесс	В. Автокорреляционная функция
	Г. Вероятность
	Д. Плотность вероятности

№ 7 Прочитайте текст и установите последовательность

Опишите последовательность программных блоков в типовой программе имитационного моделирования.

1. Подготовка исходных данных
2. Разыгрывание случайных факторов
3. Начало цикла по числу имитационных испытаний
4. Моделирование функционирования системы
5. Определение искомых статистических характеристик функционирования системы
6. Конец цикла по числу имитационных испытаний
7. Вывод результатов

№ 8 Прочитайте текст и установите последовательность

Опишите последовательность операций при моделировании случайной величины x распределенной в ограниченной области $[a,b]$ и имеющей плотность вероятности $f(x)$

1. Разыгрывание случайной величины z , равномерно распределенной в пределах $[0, f_{max}]$
2. Сравнение двух значений и при необходимости – возврат в начало алгоритма
3. Разыгрывание случайной величины y , равномерно распределенной в пределах области $[a,b]$

№ 9 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Как решить проблему «острого» резонанса при имитационном моделировании динамики системы при воздействии в виде случайного процесса с использованием его полигармонического представления?

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

Отметьте характеристики стационарных эргодических случайных процессов, которые взаимно однозначно связаны друг с другом

1. Математическое ожидание
2. Дисперсия
3. Автокорреляционная функция
4. Спектральная плотность

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

Отметьте проблемы, затрудняющие применение методов имитационного моделирования к задачам надежности сложных технических систем военного назначения

1. Сложность моделирования времени безотказной работы элементов системы.
2. Необходимо проведения очень большого количества опытов/моделирования длительной работы системы
3. Отсутствие достоверных статистических данных по отказам ряда элементов
4. Отсутствие данных по функционированию системы при различных сочетаниях отказов

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

ответов

Какие статистические характеристики центрированного стационарного эргодического случайного процесса $x(t)$ позволяют оценить его предельное значение?

1. Математическое ожидание Mx
2. Дисперсия Dx
3. Автокорреляционная функция $Kx(\tau)$
4. Спектральная плотность $Sx(\omega)$.