

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Страхов С.Ю.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

Направление/специальность подготовки	24.05.06 Системы управления летательными аппаратами
Специализация/профиль/программа подготовки	Математическое и программное обеспечение систем управления
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра-разработчик рабочей программы	И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

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	8	6	216	85	51	34	0	131	0	18	113	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 составили:

Кафедра И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ

Королев Сергей Николаевич, к.т.н., доцент, доцент

Кафедра И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ

Емельянов Валентин Юрьевич, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Заведующий кафедрой Сырцев А.Н., д.воен.н., снс

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Заведующий кафедрой Сырцев А.Н., д.воен.н., снс

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ**

### **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 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных 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-8 — Способен проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-1**

*знания:*

принципов, методов и средств системного анализа;

*умения:*

применять методы формализации, алгоритмизации и реализации аналитических, численных, имитационных моделей;

*навыки:*

построения математических моделей информационно-управляющих и автоматизированных систем.

### **ОПК-5**

*знания:*

применения методов и инструментальных средств программной реализации математических моделей и исследования информационно-управляющих и автоматизированных систем;

*умения:*

применять методы математического моделирования для исследования и проектирования систем управления летательными аппаратами;

*навыки:*

разработки методик и аппаратно-программных средств моделирования, управления летательными аппаратами.

### **ОПК-8**

*знания:*

методов и методик математического моделирования сложных динамических объектов и систем управления;

*умения:*

методологически обосновывать научные исследования и проектные решения при разработке систем и средств управления летательными аппаратами;

*навыки:*

проведения компьютерного моделирования объектов и процессов управления с применением современных математических методов и программных средств.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.06 *Системы управления летательными аппаратами*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА ЯЗЫКЕ ВЫСОКОГО УРОВНЯ, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПРАКТИКУМ, ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ, ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ, ОСНОВЫ ТЕОРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.**

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-8 — Способен проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"
- ОПК-9 — Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения
- ПК-5 — Способен разрабатывать математическое и программное обеспечение для бортового оборудования летательных аппаратов
- 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

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 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	Лабораторный практикум		ОПК-1	ОПК-5	ОПК-8
4	8	<b>Раздел 1. Основные понятия теории моделирования.</b> Классификация видов моделирования. 1.1. Понятие модели. Цели моделирования систем. Процедура моделирования. 1.2. Основные свойства и характеристики моделей. 1.3. Особенности моделирования сложных систем с учетом реальных условий их применения. 1.4. Классификация видов моделирования по способу физической реализации. 1.5. Формальное описание систем. Разновидности математических моделей систем. Основные подходы к построению математических моделей информационно-управляющих систем.	14	6	6	0	8	15	15	15
4	8	<b>Раздел 2. Детерминированные имитационные модели.</b> 2.1. Непрерывно-детерминированные модели систем управления. 2.2. Дискретно-детерминированные модели. Разновидности детерминированных конечных автоматов и способы их задания. 2.3. Примеры использования детерминированных моделей для моделирования приборов и систем управления летательными аппаратами. 2.4. Программная реализация детерминированных моделей.	34	14	6	8	20	20	20	20
4	8	<b>Раздел 3. Модели стохастических систем с дискретными состояниями.</b> 3.1. Разновидности вероятностных автоматов и способы их задания. 3.2. Примеры использования вероятностных автоматов для моделирования приборов и систем управления летательными аппаратами. 3.3. Разновидности марковских цепей. Примеры использования для моделирования информационно-управляющих систем. 3.4. Принципы построения моделей процессов с дискретными состояниями и непрерывным временем. Уравнения А.Н. Колмогорова и особенности их решения. 3.5. Непрерывные марковские цепи и их разновидности. Примеры использования для моделирования систем.	24	8	8	0	16	15	15	15
4	8	<b>Раздел 4. Метод статистического моделирования.</b> 4.1. Теоретические основы метода статистического моделирования. 4.2. Статистические характеристики динамических объектов и систем управления. Понятие оценки. Свойства оценок. 4.3. Точность оценок и определение необходимого количества опытов. 4.4. Пример использования метода Монте-Карло. 4.5. Аппаратные и программные способы построения генераторов случайных чисел. 4.6. Методы восстановления закона распределения по результатам статистического моделирования: параметрические и непараметрические методы. 4.7. Критерии согласия теоретического и выборочного законов распределения: Пирсона, Колмогорова, проверки параметрических гипотез. 4.8. Математические модели стохастических объектов и систем управления. Пример статистической имитационной модели системы управления ЛА со случайными параметрами. 4.9. Моделирование случайных векторов: методы условных распределений, преобразования случайных координат, Неймана.	54	28	14	14	26	15	15	15
4	8	<b>Раздел 5. Моделирование случайных процессов.</b> 5.1. Основные формы описания, свойства и характеристики случайных процессов. 5.2. Математические модели стационарных случайных процессов. 5.3. Математические модели нестационарных случайных процессов. 5.4. Моделирование случайных процессов с заданными корреляционными свойствами. Методы формирующего фильтра и скользящего суммирования. Восстановление корреляционной функции по результатам эксперимента. 5.5. Построение генератора случайного процесса с заданными законом распределения и корреляционной функцией и проверка его качества.	52	22	10	12	30	20	20	20
4	8	<b>Раздел 6. Способы снижения трудоемкости статистического моделирования.</b> 6.1. Основные методы уменьшения дисперсии оценки: выделения главной части, существенной выборки, расслоенной выборки. 6.2. Комбинированные методы получения оценок.	38	7	7	0	31	15	15	15
Всего за 8 семестр			216	85	51	34	131	100	100	100
Всего по дисциплине			216	85	51	34	131	100	100	100

#### 3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Детерминированные имитационные модели.	Моделирование нелинейной нестационарной динамической системы	4
2		Имитационное моделирование детерминированного конечного автомата	4

3	Раздел 4. Метод статистического моделирования.	Статистическое имитационное моделирование одноканальной системы массового обслуживания с отказами	6
4		Статистическое имитационное моделирование многоканальной системы массового обслуживания с ограниченной очередью	4
5		Построение генератора случайных чисел с заданным законом распределения	4
6	Раздел 5. Моделирование случайных процессов.	Построение генератора случайного процесса методом формирующего фильтра	4
7		Построение генератора случайного процесса с заданным законом распределения и корреляционной функцией	4
8		Проверка стационарности и эргодичности случайного процесса	4
Всего за 8 семестр			34

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основные понятия теории моделирования. Классификация видов моделирования.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям.	8
2	Раздел 2. Детерминированные имитационные модели.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к выполнению лабораторных работ. Подготовка курсового проекта.	20
3	Раздел 3. Модели стохастических систем с дискретными состояниями.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. подготовка курсовой работы.	16
4	Раздел 4. Метод статистического моделирования.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ. Подготовка курсовой работы.	26
5	Раздел 5. Моделирование случайных процессов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ. Подготовка курсовой работы.	30
6	Раздел 6. Способы снижения трудоемкости статистического моделирования.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка курсовой работы.	31
<b>Всего за 8 семестр</b>			<b>131</b>

### 3.4. Курсовая работа

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Анализ постановки задачи, изучение теоретического материала, разработка основных алгоритмов.	1 - 8	6
Этап 2. Разработка и отладка программного обеспечения. Выполнение расчетов.	10 - 13	7
Этап 3. Оформление пояснительной записки и иллюстративного материала.	14 - 16	4
Этап 4. Защита курсовой работы.	17 - 17	1

#### 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
8		ЛР		ЛР	Вопр. Экз	ДР	ЛР		ЛР	ДР	ЛР	ЛР		ЛР		ДР	КР

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену;
- КР – курсовая работа.

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену;
- курсовая работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Александров, В. Ю. Емельянов, А. Г. Юрескул. . Моделирование систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, 150 экз.
2. В. К. Морозов, Г. Н. Рогачёв. . Моделирование процессов и систем. М.: Академия, 2015, 30 экз.
3. В. П. Строгалёв, И. О. Толкачёва. . Имитационное моделирование. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018, 100 экз.
4. В. Ю. Емельянов. . Методы моделирования стохастических систем управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004, 112 экз.
5. В. Ю. Емельянов, А. Н. Докучаева, А. М. Попов. . Ускоренное статистическое моделирование. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023, 26 экз.
6. В. Ю. Емельянов, А. Н. Докучаева, А. М. Попов. . Ускоренное статистическое моделирование. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023, эл. рес.
7. Н. Ю. Афанасьева. . Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента. М.: КноРус, 2017, 60 экз.
8. С. Н. Королёв. . Марковские модели массового обслуживания. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2002, 71 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
2. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
4. <http://scilab.org/> — Scilab | ESI Group;
5. <https://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
6. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
7. <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](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. Scilab;
2. Matlab 2015a SP1.

#### 5.6. Информационные технологии:

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

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Лабораторные занятия:**

1. Scilab;
2. Matlab 2015a SP1.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению **24.05.06 Системы управления летательными аппаратами**. Дисциплина реализуется на факультете И Информационных и управляющих систем БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных 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-8 Способен проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)".

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основами методик различных видов и способов моделирования и испытаний систем на этапах их проектирования, отработки и опытной эксплуатации, с математическим аппаратом построения моделей, средствами их реализации и статистической обработкой результатов моделирования.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену;
- курсовая работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **6 з.е., 216 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**51 ч.**), лабораторный практикум (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**131 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 216 ч., из них 85 ч. аудиторных занятий, и 131 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. Основные понятия теории моделирования. Классификация видов моделирования.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям.	В. П. Строгалёв, И. О. Толкачёва. . Имитационное моделирование: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (гл. 1) В. К. Морозов, Г. Н. Рогачёв. . Моделирование процессов и систем: М.: Академия, 2015 (гл. 1) Н. Ю. Афанасьева. . Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента: М.: КноРус, 2017 (гл. 10-1, гл. 14)	8
Итого по разделу 1		8
<b>Раздел 2. Детерминированные имитационные модели.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к выполнению лабораторных работ. Подготовка курсового проекта.	А. А. Александров, В. Ю. Емельянов, А. Г. Юрескул. . Моделирование систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (опис. ЛР №1, 2)	20
Итого по разделу 2		20
<b>Раздел 3. Модели стохастических систем с дискретными состояниями.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. подготовка курсовой работы.	В. Ю. Емельянов. . Методы моделирования стохастических систем управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004 (подразд. 1.2, 2.1, 2.3-2.5) С. Н. Королёв. . Марковские модели массового обслуживания: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2002 (подразд. 1.2, 2.1, 2.3)	16
Итого по разделу 3		16
<b>Раздел 4. Метод статистического моделирования.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ. Подготовка курсовой работы.	В. Ю. Емельянов. . Методы моделирования стохастических систем управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004 (подразд. 3.1-3.5, 3.7-3.8) В. П. Строгалёв, И. О. Толкачёва. . Имитационное моделирование: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018	26

	(парагр. 2.1-2.6, 3.4-3.5) А. А. Александров, В. Ю. Емельянов, А. Г. Юрескул. . Моделирование систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (опис. ЛР №3, 7, 8) В. Ю. Емельянов, А. Н. Докучаева, А. М. Попов. . Ускоренное статистическое моделирование: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (гл. 1-2)	
Итого по разделу 4		26
<b>Раздел 5. Моделирование случайных процессов.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ. Подготовка курсовой работы.	А. А. Александров, В. Ю. Емельянов, А. Г. Юрескул. . Моделирование систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (опис. ЛР №4-6) В. Ю. Емельянов. . Методы моделирования стохастических систем управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004 (подразд. 4.1-4.7, 4.9) В. Ю. Емельянов, А. Н. Докучаева, А. М. Попов. . Ускоренное статистическое моделирование: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (подразд. 2.3)	30
Итого по разделу 5		30
<b>Раздел 6. Способы снижения трудоемкости статистического моделирования.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка курсовой работы.	В. Ю. Емельянов. . Методы моделирования стохастических систем управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004 (гл. 3, 5, подразд. 5.1, 5.2) В. П. Строгалёв, И. О. Толкачёва. . Имитационное моделирование: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (гл. 5) В. Ю. Емельянов, А. Н. Докучаева, А. М. Попов. . Ускоренное статистическое моделирование: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (гл. 3-5)	31
Итого по разделу 6		31

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

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

#### Вопросы к экзамену

Вопросы к экзамену содержатся в УМК дисциплины.

#### Лабораторная работа

По всем ЛР необходимо выполнение в выбранной программной среде индивидуального задания и демонстрация результатов выполнения преподавателю.

Защита ЛР предусматривает обсуждение разработанных студентом алгоритмов и программы, результатов моделирования, включая проверку усвоения студентом соответствующих сведений из теории.

#### Курсовая работа

Курсовая работа выполняется в соответствии с индивидуальным вариантом задания. Варианты задания содержатся в УМК дисциплины.

Основанием для не допуска курсовой работы к защите могут быть:

неполное или неверное выполнение индивидуального задания;

отсутствие предусмотренных заданием графических материалов или не соответствие требованиям оформления;

Защита курсовой работы предусматривает ответы на вопросы по содержанию курсовой работы.

Оценка "отлично" за курсовую работу выставляется за полное решение задачи и полные ответы на вопросы по содержанию работы.

Оценка "хорошо" за курсовую работу выставляется за полное решение задачи и неполные ответы по содержанию работы.

Оценка "удовлетворительно" за курсовую работу выставляется за решение задачи и правильное оформление.

#### Экзамен

Допуск к экзамену оформляется при условии полного выполнения всех контрольных мероприятий в семестре. Экзаменационный билет включает в себя два теоретических вопроса.

Оценка- "оценка" ставится за два полных ответа на вопросы билета.

Оценка- "хорошо" ставится за один полный ответ на вопрос билета и один неполный ответ на вопрос билета.

Оценка- "удовлетворительно" ставится за два неполных ответа на вопросы билета. Или при выполнении всех контрольных мероприятий в семестре в срок.

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	Лабораторный практикум		ОПК-1	ОПК-5	ОПК-8	
4	8	Раздел 1. Основные понятия теории моделирования. Классификация видов моделирования.	14	6	6	0	8	15	15	15	Вопросы к экзамену
4	8	Раздел 2. Детерминированные имитационные модели.	34	14	6	8	20	20	20	20	Лабораторная работа, Вопросы к экзамену
4	8	Раздел 3. Модели стохастических систем с дискретными состояниями.	24	8	8	0	16	15	15	15	Вопросы к экзамену
4	8	Раздел 4. Метод статистического моделирования.	54	28	14	14	26	15	15	15	Лабораторная работа, Вопросы к экзамену
4	8	Раздел 5. Моделирование случайных процессов.	52	22	10	12	30	20	20	20	Лабораторная работа, Вопросы к экзамену
4	8	Раздел 6. Способы снижения трудоемкости статистического моделирования.	38	7	7	0	31	15	15	15	Курсовая работа, Вопросы к экзамену
Всего за 8 семестр			216	85	51	34	131	100	100	100	
Всего по дисциплине			216	85	51	34	131	100	100	100	



## Оценочные материалы по дисциплине ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

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

№ 1 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите последовательность действий при проверке гипотезы о соответствии теоретического закона распределения истинному по случайной выборке с применением критерия согласия Пирсона.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо.

1. Найти значение меры расхождения теоретического и выборочного законов.
2. Рассчитать частоты разрядов по выборке.
3. Определить число степеней свободы распределения Пирсона в рассматриваемой задаче.
4. Выбрать количество разрядов и рассчитать их границы.
5. По данным строки таблицы распределения Пирсона определить величину критерия согласия и принять решение о возможности принятия гипотезы.
6. Определить размах выборки.

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

Белый шум имеет закон распределения...

1. ... равномерный
2. ... нормальный
3. ... экспоненциальный
4. ... любой непрерывный закон

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

Спектральная плотность вводится для случайных процессов ...

1. Нестационарных
2. Стационарных
3. Непрерывных
4. Дискретных

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

Какими свойствами должен обладать поток случайных событий, чтобы являться пуассоновским?

1. Однородность
2. Стационарность
3. Ординарность.
4. Отсутствие последовательности.

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

Какие методы восстановления закона распределения по случайной выборке относятся к числу

параметрических?

1. Метод наибольшего правдоподобия
2. Метод гистограмм
3. Метод моментов
4. Метод ядерных оценок

№ 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Корректно ли задана функция плотности распределения вероятностей?

$$f(z) = 2z \quad (0 < z < 1)$$

Дайте обоснование ответа.

№ 7 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
В чем смысл свойства отсутствия последействия для случайного процесса в системе с дискретными состояниями и непрерывным временем?

№ 8 Прочитайте текст и установите соответствие  
Установите соответствие между методом и задачей, для решения которой он предназначен.

Метод	Задача
1. Скользящего суммирования	А. Оценка по случайной выборке параметров закона распределения, вид которого известен
2. Моментов	Б. Восстановление плотности распределения по случайной выборке, когда вид закона распределения неизвестен
3. Ядерных оценок	В. Обеспечение требуемых корреляционных свойств моделируемого случайного процесса Г. Построение модели смены состояний системы в непрерывном времени.

№ 9 Прочитайте текст и установите соответствие  
Выберите из правого столбца методы решения для задач, указанных в левом столбце.

Задача	Метод
1. Построение генератора случайных чисел	А. Спектральный метод
2. Обеспечение требуемых корреляционных свойств моделируемого случайного процесса	Б. Метод наибольшего правдоподобия
3. Расчет случайного процесса в линейной стационарной системе	В. Метод формирующего фильтра Г. Метод обратных функций

№ 10 Прочитайте текст и установите последовательность  
Перечислите порядок действий для получения моделирующего соотношения для генератора случайных чисел методом обратных функций, если задана функция плотности распределения требуемого закона.

1. В случае необходимости добавить к обратной функции константу, обеспечивающую получение генерируемых случайных чисел в требуемом диапазоне.

2. Найти функцию, обратную к функции распределения.

3. Интегрированием функции плотности распределения получить функцию распределения.

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

Какой непараметрический метод восстановления закона распределения случайной выборки позволяет получить закон в форме функции распределения вероятностей?

1. Прямой метод

2. Метод наибольшего правдоподобия

3. Метод ядерных оценок

4. Метод моментов

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

Какой метод построения генератора случайных чисел требует задания закона распределения в форме функции распределения вероятностей аналитически?

1. Метод наибольшего правдоподобия

2. Метод Неймана

3. Метод моментов

4. Метод обратных функций

**ОПК-5 - Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач**

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между названием и описанием метода моделирования.

Название	Описание
1. Математическое моделирование	А. Замена исследуемого процесса процессом другой физической природы, протекающим по аналогичным законам, но более доступным для исследования
2. Полунатурное моделирование	Б. Исследование работы системы с использованием как реальной аппаратуры, так и математических моделей в условиях имитируемой внешней среды
3. Физическое моделирование	В. Исследование работы реальной системы в реальных условиях Г. Исследование работы системы на основе формального описания наиболее существенных закономерностей, характеризующих процесс ее работы и влияние внешней среды

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

Какие методы моделирования из перечисленных предусматривают физическую имитацию элементов внешней среды?

1. Натурные испытания

2. Натурное моделирование

3. Полунатурное моделирование

4. Математическое моделирование

№ 3 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите правильную последовательность действий из числа указанных при построении модели случайного процесса с заданными законом распределения и корреляционной функцией.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо.

1. Преобразовать закон распределения моделируемого процесса в требуемый.
2. С помощью формирующего фильтра обеспечить требуемые корреляционные свойства процесса (корреляционную функцию).
3. Сформировать белый шум со стандартизованным нормальным законом распределения.
4. Путем нелинейного преобразования обеспечить равномерный в диапазоне  $[0; 1]$  закон распределения моделируемого процесса.

№ 4 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите правильную последовательность этапов построения модели смены дискретных состояний системы в непрерывном времени.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо.

1. Составляется ориентированный граф, описывающий логику смены состояний.
2. Система уравнений дополняется условием нормировки.
3. Составляется система уравнений для вероятностей смены состояний.
4. Дугам графа сопоставляются интенсивности смены состояний.
5. Вводится множество дискретных состояний системы.

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

Какое свойство объективно существует у модели и не зависит от ее составителя?

1. адекватность
2. конечность
3. упрощенность
4. приближенность

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

Уравнения А.Н. Колмогорова позволяют выполнять расчет ...

1. ... случайных процессов в системах с дискретными состояниями и непрерывным временем
2. ... случайных процессов в системах с дискретными состояниями и дискретным временем
3. ... процессов смены состояний вероятностных автоматов
4. ... процессов смены состояний детерминированных конечных автоматов

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

Детерминированный конечный автомат Мили имеет размерность входного алфавита, равную 4. Размерность внутреннего алфавита автомата – 5. Какова максимально возможная размерность выходного алфавита?

1. 4
2. 5
3. 20

4. От указанных размерностей не зависит
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Сложность и неоднозначность проблемы построения моделей определяется следующими особенностями реальных условий функционирования систем:
1. Нестационарность
  2. Нелинейность
  3. Стохастичность
  4. Неопределенность
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие виды моделей из числа перечисленных характеризуются дискретными состояниями и дискретным временем?
1. Системы массового обслуживания
  2. Детерминированные автоматы
  3. Вероятностные автоматы.
  4. Динамические разрывные системы.
- № 10 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
- Как влияет формирующий фильтр с учетом его инерционности на характеристики преобразуемого случайного процесса?
- № 11 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
- В чем состоят основные требования к упрощенной модели в рамках комбинированного метода сокращения трудоемкости статистического моделирования?
- № 12 Прочитайте текст и установите соответствие
- Установите соответствие между классом и вариантом модели.

Класс модели	Вариант модели
1. Непрерывно-детерминированная	А. Вероятностный автомат
2. Дискретно-детерминированная	Б. Детерминированный конечный автомат
3. Непрерывно-стохастическая	В. Модель движения динамического объекта без учета возмущений
	Г. Система массового обслуживания

**ОПК-8 - Способен проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"**

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
- При имитационном моделировании системы массового обслуживания на интервале времени  $T$  зарегистрировано поступление  $N$  заявок. Как получить оценку интенсивности потока заявок?
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
- Какие методы могут быть использованы для проверки достоверности результатов полунатурного моделирования?
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Оценка дисперсии в форме

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( x_i - \bar{x}_n \right)^2$$

обладает свойствами ...

1. эргодичности;
2. состоятельности;
3. приближенности;
4. несмещенности.

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

При использовании спектрального метода расчета случайного процесса в системе управления свойство фильтра ее линейной части позволяет ...

1. ... не учитывать высокочастотные гармонические составляющие сигналов в системе
2. ... разложить все случайные сигналы на суммы детерминированных и случайных составляющих
3. ... выполнять статистическую линеаризацию
4. ... для закона распределения выходного сигнала системы ограничиваться расчетом только математического ожидания и дисперсии

№ 5 Прочитайте текст и установите соответствие

Укажите соответствие расчетных соотношений и их назначения.

**Соотношение**

**Назначение**

1.

$$\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left( x_i - \bar{x}_n \right)^2$$

А. требуемое количество опытов для оценки математического ожидания с допустимой погрешностью

2.

$$\frac{D_x}{n}$$

Б. несмещенная оценка дисперсии

3.

$$\frac{\alpha_{\partial}^2 p_A (1 - p_A)}{\varepsilon_{\partial \text{оп.}}^2}$$

В. смещенная оценка дисперсии

Г. дисперсия оценки вероятности

Д. дисперсия оценки математического ожидания

Е. требуемое количество опытов для оценки вероятности с допустимой погрешностью

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

Какими методами может быть выполнена оценка статистических характеристик точности системы управления летательным аппаратом?

1. Натурное моделирование
2. Полунатурное моделирование в режиме «статика»

3. Полунатурное моделирование в режиме «динамика»
4. Математическое моделирование процесса наведения
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- При каких условиях для выходного сигнала системы управления при наличии случайных входных сигналов может рассматриваться спектральная плотность?
1. Система должна быть стационарной
  2. Центрированные составляющие входных сигналов должны быть стационарными случайными процессами.
  3. Система должна быть линейной
  4. Должен быть достигнут установившийся процесс
- № 8 Прочитайте текст и установите соответствие
- Установите соответствие между оцениваемой величиной и соотношением для оценки.

**Оцениваемая  
величина**

**Расчетное соотношение**

1.  
Корреляционный  
момент связи  
двух случайных  
величин  $x$  и  $y$

А.

$$K_{\eta}^*(\tau) = \frac{1}{n+1-j} \sum_{i=0}^{n-j} (\eta_i - m_{\eta}^*)(\eta_{i+j} - m_{\eta}^*)$$

2.  
Корреляционная  
функция  
стационарного  
эргодического  
случайного  
процесса

Б.

$$D_x^* = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left( x_i - \bar{x}_n \right)^2$$

В.

3. Дисперсия  
случайной  
величины  $x$

$$n_{\text{треб}}^* = \frac{\alpha_{\text{д}}^2 D_x^*}{\varepsilon_{\text{доп}}^2}$$

Г.

$$K_{xy}^* = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left( x_i - \bar{x}_n \right) \left( y_i - \bar{y}_n \right)$$

- № 9 Прочитайте текст и установите последовательность
- Установите последовательность основных блоков (этапов) итерационного алгоритма оценки вероятности с допустимой погрешностью методом статистического моделирования:
1. Определение объема дополнительной серии опытов.
  2. Получение оценки вероятности и оценки ее текущей погрешности.
  3. Проверка соответствия текущей погрешности допустимому значению.
  4. Проведение начальной серии опытов.
  5. Если текущая оценка погрешности превышает допустимое значение, получение оценки требуемого количества опытов для обеспечения допустимой погрешности.

6. Проведение дополнительной серии опытов с повторением перечисленных этапов до обеспечения допустимой погрешности.

№ 10 Прочитайте текст и установите последовательность

Каков порядок расчета финальных вероятностей состояний (для установившегося процесса смены состояний) по системе уравнений А.Н. Колмогорова для случайного процесса в системе с дискретными состояниями и непрерывным временем?

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо.

1. Рассчитать финальные вероятности состояний, решив полученную систему алгебраических уравнений.
2. Принять во всех уравнениях производные равными нулю.
3. Заменить одно из уравнений условием нормировки: сумма вероятностей всех состояний равняется единице.

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

Ядерная оценка является оценкой...

1. ... значений плотности распределения вероятностей;
2. ... математического ожидания;
3. ... значений функции распределения вероятностей;
4. ... вероятности попадания случайной величины в разряд.

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

За счет чего методы ускоренного статистического моделирования обеспечивают сокращение количества опытов с моделью, необходимого для получения результата с требуемой точностью?

1. За счет перехода к упрощенной модели
2. За счет снижения дисперсии оценки
3. За счет учета не случайных, а детерминированных значений случайных факторов модели
4. За счет сокращения количества случайных факторов модели