

**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) Юнаков Л. П.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАКЕТНЫХ СИСТЕМ

Направление/специальность подготовки	24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
Специализация/профиль/программа подготовки	Моделирование и информационные технологии проектирования ракетно-космических систем
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

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	5	180	68	34	0	34	112	0	0	112	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов**

год набора группы: 2024

Программу составили:

Кафедра А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

Бородавкин Вячеслав Александрович, д.т.н., профессор, заведующий  
кафедрой

\_\_\_\_\_

Кафедра А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

Зыков Сергей Александрович, старший преподаватель

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАКЕТНЫХ 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-5 — способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач
--

ПСК-12 — способность разрабатывать на базе системного подхода последовательность решения поставленной задачи, проводить проектирование изделий ракетной и ракетно-космической техники, определять внешний облик изделий, состав и объемно-массовые характеристики систем, механизмов и агрегатов, входящих в ракетный или ракетно-космический комплекс
--

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-5**

*знания:*

принципы построения математических моделей функционирования ракетных систем;

математические зависимости, описывающие процессы, происходящие при функционировании ракетных систем;

*умения:*

составлять математические модели функционирования ракетных систем для оценки их управляемости и точности наведения;

*навыки:*

владеть методами построения математических моделей профессиональных задач и содержательной интерпретацией полученных результатов.

### **ПСК-12**

*знания:*

современные программные средства для проведения компьютерного моделирования;

*умения:*

работать с программными средствами и пакетами общего назначения;

*навыки:*

использовать современные вычислительные компьютерные технологии и работать с программной средой для математического и имитационного моделирования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАКЕТНЫХ СИСТЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **АЭРОГИДРОГАЗОДИНАМИКА, МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ, ДИНАМИКА ПОЛЁТА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ, ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, СИНТЕЗ РАКЕТНЫХ 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 разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения
- ПК-93 — способен генерировать новые идеи для решения задач цифровой экономики, абстрагироваться от стандартных моделей, перестраивать сложившиеся способы решения задач, выдвигать альтернативные варианты действий с целью выработки новых оптимальных алгоритмов
- 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
- ПСК-11 — Способен анализировать состояние и перспективы развития ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений
- ПСК-16 — Способен оценивать вопросы эффективности, надежности и безопасности в процессе эксплуатации РКТ

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 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-5	ПСК-12
5	9	<b>Раздел 1. Общие сведения о моделировании ракетных систем.</b> Моделирование, его виды и этапы. Требования к моделям. Принцип подобия в моделировании ракетных систем. Примеры математических моделей ракетных систем. Программные средства для моделирования ракетных систем.	30	10	4	6	20	20	20
5	9	<b>Раздел 2. Математические модели ракетных систем.</b> Контур стабилизации угла тангажа. Контур стабилизации высоты полета. Динамика движения ракеты-мишени в продольной плоскости. Динамика движения крылатой ракеты в боковой плоскости.	30	10	6	4	20	20	20
5	9	<b>Раздел 3. Методы теории массового обслуживания при моделировании ракетных систем.</b> Система массового обслуживания, основные понятия, показатели эффективности. Система массового обслуживания с отказами. Система массового обслуживания с ожиданием. Замкнутая система массового обслуживания. Примеры определения показателей эффективности ракетных систем.	34	14	8	6	20	20	20
5	9	<b>Раздел 4. Методы моделирования в реальном времени.</b> Метод полунатурного моделирования. Моделирующий комплекс для полунатурных испытаний ракеты с радиолокационной системой. Аналоговое, цифровое и аналого-цифровое моделирование. Адекватность моделей, достоверность результатов моделирования.	34	14	8	6	20	20	20
5	9	<b>Раздел 5. Моделирование условий применения ракетных систем.</b> Моделирование формирующего фильтра. Модели продольной и поперечной турбулентности атмосферы в виде случайных процессов. Моделирование рельефа подстилающей поверхности на основе методов фрактальной геометрии. Моделирование динамики систем самонаведения с учётом углового шума цели.	52	20	8	12	32	20	20
Всего за 9 семестр			180	68	34	34	112	100	100
Всего по дисциплине			180	68	34	34	112	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Общие сведения о моделировании ракетных систем.	Разработка компьютерной модели динамики движения реактивного снаряда	6
2	Раздел 2. Математические модели ракетных систем.	Разработка компьютерной модели контура стабилизации угла тангажа	4
3	Раздел 3. Методы теории массового обслуживания при моделировании ракетных систем.	Определение вероятности обстрела группировки самолетов многоканальным зенитным ракетным комплексом	6
4	Раздел 4. Методы моделирования в реальном времени.	Разработка компьютерной модели комплекса полунатурного моделирования системы самонаведения крылатой ракеты	6
5	Раздел 5. Моделирование условий применения ракетных систем.	Моделирование рельефа подстилающей поверхности на основе методов фрактальной геометрии	6
6		Разработка компьютерной модели наведения крылатой ракеты с лазерной полуактивной головкой самонаведения	6
Всего за 9 семестр			34

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Общие сведения о моделировании ракетных	изучение лекционного материала по тематике раздела	8
2		подготовка к практической работе № 1 «Разработка	12

	систем.	компьютерной модели динамики движения реактивного снаряда», оформление отчёта	
3		изучение лекционного материала по тематике раздела	8
4	Раздел 2. Математические модели ракетных систем.	подготовка к практической работе № 2 «Разработка компьютерной модели контура стабилизации угла тангажа», оформление отчёта	12
5	Раздел 3. Методы теории массового обслуживания при моделировании ракетных систем.	изучение лекционного материала по тематике раздела	8
6		подготовка к практической работе № 3 «Определение вероятности обстрела группировки самолетов многоканальным зенитным ракетным комплексом», оформление отчёта	12
7	Раздел 4. Методы моделирования в реальном времени.	изучение лекционного материала по тематике раздела	8
8		подготовка к практической работе № 4 «Разработка компьютерной модели комплекса полунатурного моделирования системы самонаведения крылатой ракеты», оформление отчёта	12
9	Раздел 5. Моделирование условий применения ракетных систем.	изучение лекционного материала по тематике раздела	8
10		подготовка к практической работе № 5 «Моделирование рельефа подстилающей поверхности на основе методов фрактальной геометрии», оформление отчёта	12
11		подготовка к практической работе № 6 «Разработка компьютерной модели наведения крылатой ракеты с лазерной полуактивной головкой самонаведения», оформление отчёта	12
Всего за 9 семестр			112

#### 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
<b>9</b>				ВПЗ		ДР	ВПЗ		ВПЗ	ДР		ВПЗ			ВПЗ	ДР	Вопр. Экз, ВПЗ

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

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

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. А. Бородавкин, С. А. Зыков. . Моделирование ракетных систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 80 экз.
2. В. А. Бородавкин, С. А. Зыков. . Моделирование ракетных систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, эл. рес.
3. В. А. Бородавкин, С. А. Зыков, И. Л. Петрова. . Исследование ракетных систем на компьютерных моделях. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022, эл. рес.
4. В. А. Бородавкин, С. А. Зыков, И. Л. Петрова. . Исследование ракетных систем на компьютерных моделях. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022, 26 экз.
5. И. Л. Петрова, К. С. Алексеева, В. Ю. Емельянов. . Исследование динамики систем стабилизации беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 65 экз.
6. И. Л. Петрова, К. С. Алексеева, В. Ю. Емельянов. . Исследование динамики систем стабилизации беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, эл. рес.
7. И. Л. Петрова, О. А. Толпегин. . Исследование динамики систем управления летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, эл. рес.
8. И. Л. Петрова, О. А. Толпегин. . Исследование динамики систем управления летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 50 экз.
9. И. Л. Петрова, П. Д. Горохова, П. Ю. Литвинова. . Основы статистических методов в динамике полёта. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, эл. рес.
10. И. Л. Петрова, П. Д. Горохова, П. Ю. Литвинова. . Основы статистических методов в динамике полёта. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 44 экз.
11. Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова, Н. Е. Баранов. . Математические модели динамики движения летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 45 экз.
12. Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова, Н. Е. Баранов. . Математические модели динамики движения летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, эл. рес.

### 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. <https://repository.library.voenmeh.ru/jspui/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов..

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:



1. Matlab 2015a SP1;
2. Microsoft Office.

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. Проектор;
2. Matlab 2015a SP1;
3. Microsoft Office.

### **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 **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАКЕТНЫХ СИСТЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

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

ПСК-12 способность разрабатывать на базе системного подхода последовательность решения поставленной задачи, проводить проектирование изделий ракетной и ракетно-космической техники, определять внешний облик изделий, состав и объемно-массовые характеристики систем, механизмов и агрегатов, входящих в ракетный или ракетно-космический комплекс.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с моделями ракетных систем, условий их применения и решением задач оценки эффективности ракетных систем с использованием компьютерного моделирования.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 з.е., **180 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**112 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 180 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 112 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. Общие сведения о моделировании ракетных систем.</b>		
изучение лекционного материала по тематике раздела	Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова, Н. Е. Баранов. . Математические модели динамики движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1, 2, 4)	8
подготовка к практической работе № 1 «Разработка компьютерной модели динамики движения реактивного снаряда», оформление отчёта	Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова, Н. Е. Баранов. . Математические модели динамики движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1, 2, 4) В. А. Бородавкин, С. А. Зыков. . Моделирование ракетных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1) В. А. Бородавкин, С. А. Зыков. . Моделирование ракетных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1)	12
Итого по разделу 1		20
<b>Раздел 2. Математические модели ракетных систем.</b>		
изучение лекционного материала по тематике раздела	В. А. Бородавкин, С. А. Зыков, И. Л. Петрова. . Исследование ракетных систем на компьютерных моделях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (1) И. Л. Петрова, О. А. Толпегин. . Исследование динамики систем управления летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (2, 4) И. Л. Петрова, О. А. Толпегин. . Исследование динамики систем управления летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (2, 4) И. Л. Петрова, К. С. Алексеева, В. Ю. Емельянов. . Исследование динамики систем стабилизации беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1, 4, 5) И. Л. Петрова, К. С. Алексеева, В. Ю. Емельянов. . Исследование динамики систем стабилизации беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1, 4, 5) В. А. Бородавкин, С. А. Зыков, И. Л.	8
подготовка к практической работе № 2 «Разработка компьютерной модели контура стабилизации угла тангажа», оформление отчёта		12

	Петрова. . Исследование ракетных систем на компьютерных моделях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (1)	
Итого по разделу 2		20
<b>Раздел 3. Методы теории массового обслуживания при моделировании ракетных систем.</b>		
изучение лекционного материала по тематике раздела	В. А. Бородавкин, С. А. Зыков, И. Л. Петрова. . Исследование ракетных систем на компьютерных моделях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (3)	8
подготовка к практической работе № 3 «Определение вероятности обстрела группировки самолетов многоканальным зенитным ракетным комплексом», оформление отчёта	В. А. Бородавкин, С. А. Зыков. . Моделирование ракетных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (3) В. А. Бородавкин, С. А. Зыков. . Моделирование ракетных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (3) В. А. Бородавкин, С. А. Зыков, И. Л. Петрова. . Исследование ракетных систем на компьютерных моделях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (3)	12
Итого по разделу 3		20
<b>Раздел 4. Методы моделирования в реальном времени.</b>		
изучение лекционного материала по тематике раздела	В. А. Бородавкин, С. А. Зыков, И. Л. Петрова. . Исследование ракетных систем на компьютерных моделях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (2)	8
подготовка к практической работе № 4 «Разработка компьютерной модели комплекса полунатурного моделирования системы самонаведения крылатой ракеты», оформление отчёта	В. А. Бородавкин, С. А. Зыков. . Моделирование ракетных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (4) В. А. Бородавкин, С. А. Зыков, И. Л. Петрова. . Исследование ракетных систем на компьютерных моделях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (2) В. А. Бородавкин, С. А. Зыков. . Моделирование ракетных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (4)	12
Итого по разделу 4		20
<b>Раздел 5. Моделирование условий применения ракетных систем.</b>		
изучение лекционного материала по тематике раздела	В. А. Бородавкин, С. А. Зыков. . Моделирование ракетных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (5)	8
подготовка к практической работе № 5 «Моделирование рельефа подстилающей поверхности на основе методов фрактальной геометрии», оформление отчёта	В. А. Бородавкин, С. А. Зыков. . Моделирование ракетных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (5) И. Л. Петрова, П. Д. Горохова, П. Ю. Литвинова. . Основы статистических методов в динамике полёта: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (2, 3)	12
подготовка к практической работе № 6 «Разработка компьютерной модели наведения крылатой ракеты с лазерной полуактивной головкой самонаведения», оформление отчёта	И. Л. Петрова, П. Д. Горохова, П. Ю. Литвинова. . Основы статистических методов в динамике полёта: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (2, 3)	12
Итого по разделу 5		32

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- вопросы к экзамену;
- 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/задания по темам ПЗ

Текущий контроль студентов производится в дискретные временные интервалы преподавателем, ведущим практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- оценивание освоения темы практических занятий в форме собеседования;
- отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски.

Отчет по практической работе представляется в печатном виде. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Критерии оценивания: в случае если оформление отчета, доклад студента по выполненной работе и ответы на вопросы преподавателя во время защиты соответствуют требованиям, предъявляемым к знаниям студента по данной практической работе, отчет по практической работе считается принятым. Основаниями для дополнительной доработки отчета являются:

- небрежное выполнение;
- отсутствие необходимых разделов,
- отсутствие необходимого графического материала или низкое его качество (например, отсутствие указания единиц измерения на графиках),
- некорректная обработка результатов.

Отчет по практической работе должен содержать основные разделы:

- 1) цель работы и задачи работы;
- 2) разработка математической модели;
- 3) разработка компьютерной модели;
- 4) проверка адекватности компьютерной модели;
- 5) исходные данные и начальные условия для моделирования;
- 6) планирование и проведение компьютерного моделирования;
- 7) анализ результатов моделирования.

Варианты заданий входят в состав УМК дисциплины.

#### Вопросы к экзамену

1. Основные понятия моделирования ракетных систем.
2. Моделирование, цели моделирования.
3. Требования к моделям.
4. Виды моделирования.
5. Этапы моделирования.
6. Принципы построения модели.
7. Подobie в моделировании ракетных систем.
8. Контур стабилизации угла тангажа.
9. Контур стабилизации высоты полета.
10. Динамика движения ракеты-мишени в продольной плоскости.
11. Динамика движения крылатой ракеты в боковой плоскости.
12. Система массового обслуживания, основные понятия.
13. Система массового обслуживания, показатели эффективности.
14. Система массового обслуживания с отказами.

15. Система массового обслуживания с ожиданием.
16. Замкнутая система массового обслуживания.
17. Моделирование динамики движения ЛА в реальном времени.
18. Комплексы полунатурного моделирования.
19. Моделирующий комплекс для полунатурных испытаний ракеты с радиолокационной системой.
20. Аналоговое моделирование, достоинства и недостатки.
21. Цифровое моделирование, достоинства и недостатки.
22. Аналого-цифровое моделирование, достоинства и недостатки.
23. Принципиальные устройства блоков АВМ, выполняющих математические операции.
24. Принцип работы сумматора и интегратора на АВМ
25. Программирование на АВМ.
26. Адекватность моделей. Достоверность результатов моделирования.
27. Формирующий фильтр.
28. Модель продольной турбулентности атмосферы в виде случайных процессов.
29. Модель поперечной турбулентности атмосферы в виде случайных процессов.
30. Моделирование рельефа подстилающей поверхности на основе методов фрактальной геометрии.
31. Моделирование динамики систем самонаведения с учетом углового шума цели.
32. Угловой шум цели в системах самонаведения с радиолокационными головками.
33. Угловой шум цели в системах самонаведения с лазерными полуактивными головками.

### **Экзамен**

Промежуточный контроль: по результатам семестра по дисциплине проходит в форме экзамена, который включает ответы на теоретические и практические вопросы (билеты) и вопросы в тестовой форме.

Критерии оценивания:

- «неудовлетворительно» – студент ответил менее 60% вопросов в тестовой форме и дал неправильные и неполные ответы на вопросы билета;
- «удовлетворительно» – студент ответил на 60% и более вопросов в тестовой форме;
- «хорошо» – студент ответил на 60% и более вопросов в тестовой форме и дал правильные, но недостаточно полные и четкие ответы на вопросы билета;
- «отлично» – студент ответил на 60% и более вопросов в тестовой форме и дал правильные, полные и четкие ответы на все вопросы билета.

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-5	ПСК-12	
5	9	Раздел 1. Общие сведения о моделировании ракетных систем.	30	10	4	6	20	20	20	Вопросы/ задания по темам ПЗ, Вопросы к экзамену
5	9	Раздел 2. Математические модели ракетных систем.	30	10	6	4	20	20	20	Вопросы/ задания по темам ПЗ, Вопросы к экзамену
5	9	Раздел 3. Методы теории массового обслуживания при моделировании ракетных систем.	34	14	8	6	20	20	20	Вопросы/ задания по темам ПЗ, Вопросы к экзамену
5	9	Раздел 4. Методы моделирования в реальном времени.	34	14	8	6	20	20	20	Вопросы/ задания по темам ПЗ, Вопросы к экзамену
5	9	Раздел 5. Моделирование условий применения ракетных систем.	52	20	8	12	32	20	20	Вопросы/ задания по темам ПЗ, Вопросы к экзамену
Всего за 9 семестр			180	68	34	34	112	100	100	
Всего по дисциплине			180	68	34	34	112	100	100	



## Критерии оценивания

### ОПК-5

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Система – это...?
  - № 2 Организационная система – это...?
  - № 3 Техническая система – это...?
  - № 4 Организационно-техническая система – это...?
  - № 5 Полунатурное моделирование – это...?
  - № 6 Укажите первый этапы моделирования (с чего оно начинается?)
  - № 7 Каким образом можно проверить модель на адекватность?
  - № 8 Критерий оптимальности (показатель эффективности) – это...?
  - № 9 Случайный процесс называется марковским, если
  - № 10 Фрактал – это...?
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 По взаимодействию с внешней средой системы делятся на
    - закрытые и открытые
    - детерминированные и стохастические
    - простые и сложные
    - внешние и внутренние
  - № 2 В замкнутой СМО
    - поток заявок неограничен и заявки, покинувшие СМО, могут в неё возвращаться
    - поток заявок ограничен и заявки, покинувшие СМО, могут в неё возвращаться
    - поток заявок ограничен и заявки, покинувшие СМО, не могут в неё возвращаться
    - поток заявок неограничен и заявки, покинувшие СМО, не могут в неё возвращаться
  - № 3 Ограничения первого рода в задаче оптимизации – это
    - ограничения на функционирование объекта
    - ограничения на показатель эффективности
    - ограничения на варьируемые параметры
    - ограничения на внешние воздействия
  - № 4 Ограничения второго рода в задачах оптимизации – это
    - ограничения на варьируемые параметры
    - ограничения на критерий оптимальности
    - ограничения на внешние воздействия
    - ограничения на функционирование объекта
  - № 5 По количеству критериев оптимизация бывает
    - однокритериальная и многокритериальная
    - дискретная, непрерывная и смешанная
    - условная и безусловная
    - одномерная и многомерная
  - № 6 По количеству варьируемых параметров оптимизация бывает

- условная и безусловная
- одномерная и многомерная
- однокритериальная и многокритериальная
- дискретная, непрерывная и смешанная
- № 7 По характеру варьируемых параметров оптимизация бывает
  - однокритериальная и многокритериальная
  - условная и безусловная
  - дискретная, непрерывная и смешанная
- линейная и нелинейная
- № 8 По наличию ограничений второго рода оптимизация бывает
  - дискретная, непрерывная смешанная
  - однокритериальная и многокритериальная
  - линейная и нелинейная
  - условная и безусловная
- № 9 При рандомизированном методе оптимизации
  - направление и величина шага являются случайными величинами
  - стратегия поиска однозначно определяет следующую опорную точку
  - каждый из параметров дискретизируется с постоянным выбранным шагом
- результатом поиска всегда будет глобальный оптимум
- № 10 При детерминированном методе оптимизации
  - результатом поиска всегда будет глобальный оптимум
  - стратегия поиска однозначно определяет следующую опорную точку
  - каждый из параметров дискретизируется со случайным шагом
  - направление и величина шага являются случайными величинами

## **ПСК-12**

### *Вопросы открытого типа:*

- № 1 Локальный оптимум – это...?
- № 2 Входящий поток заявок СМО называется регулярным, если
- № 3 Имеется комплекс полунатурного моделирования движения крылатой ракеты (КР) в боковой плоскости. Для чего предназначен динамический стенд, входящий в состав данного комплекса?
- № 4 Имеется комплекс полунатурного моделирования движения крылатой ракеты (КР). Для чего предназначен антенный пост имитаторов, входящий в состав данного комплекса?
- № 5 Целевая функция – это...?
- № 6 Какие факторы влияют на показатели эффективности СМО?
- № 7 В момент прихода заявки все каналы заняты и заявка покидает систему массового обслуживания. Какая это система?
- № 8 Числом каналов и пропускной способностью в СМО характеризуется...
- № 9 Входящий поток заявок СМО называется однородным, если
- № 10 Аналоговое электронное устройство с двумя входами и одним выходом, напряжение на котором пропорционально разности входных напряжений называется?

### *Вопросы закрытого типа:*

- № 1 Симплексом в пространстве N-переменных называют
- невыпуклый многогранник, имеющий (N+1) вершину
  - выпуклый многогранник, имеющий (N-1) вершину
  - выпуклый многогранник, имеющий (N+1) вершину
  - невыпуклый многогранник, имеющий (N-1) вершину
- № 2 Глобальный оптимум - это
- пересечения целевой функции с плоскостью на нескольких уровнях
  - точка пространства, в которых целевая функция имеет наименьшее значение
  - линии пространства, в которых целевая функция имеет наибольшее значение
  - оптимальное решение для всего пространства проектирования
- № 3 Из нижеприведенных перечислений выберите известный фрактал:
- «треугольник Серпинского»
  - «круг Иттена»
  - «квадрат Малевича»
  - «прямая Зыкова»
- № 4 Из нижеприведенных перечислений выберите известный фрактал:
- «капля Руперта»
  - «снежинка Коха»
  - «лучи Венера»
  - «кривая Нэша»
- № 5 Из нижеприведенных перечислений выберите известный фрактал:
- «снежинка Коха»
  - «треугольник Серпинского»
  - «множество Жюлиа»
  - «кривая Нэша»
- № 6 Из нижеприведенных перечислений выберите известный фрактал:
- «множество Пифагора»
  - «множество Татта»
  - «множество Ампера»
  - «множество Жюлиа»
- № 7 При моделировании рельефа подстилающей поверхности показатель Херста характеризует:
- шероховатость поверхности
  - количество элементарных ячеек
  - сложность построения поверхности
  - скорость построения поверхности
- № 8 Каким главным свойством обладает фрактал?

- дистрибутивности
  - самоподобия
  - коммутативности
  - транзитивности
- № 9 Длительность полунатурного моделирования:
- не ограничена
  - всегда больше длительности компьютерного моделирования
  - ограничена
- № 10
- всегда меньше длительности компьютерного моделирования
- Чем известен американский математик Бенуа Мандельброт?
- основоположник теории искусственного интеллекта
  - разработчик первого компилятора
  - «отец информационного века», человек, который научил мир общаться на языке нулей и единиц
  - создатель фрактальной геометрии