

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 Юнаков Л. П.  
 (подпись) ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ БАЛЛИСТИКИ И ГИДРОАЭРОДИНАМИКИ

Направление/специальность подготовки	24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика
Специализация/профиль/программа подготовки	Физическое и вычислительное моделирование теплоаэродинамических и теплогидравлических процессов
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

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	10	4	144	34	17	0	17	110	36	0	74	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Овчинникова Ольга Константиновна, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ БАЛЛИСТИКИ И ГИДРОАЭРОДИНАМИКИ**

## **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:

ПСК-1/24.2 — способность применять программы и методики проведения экспериментов и компьютерного моделирования, разрабатывать модели и алгоритмы решения задач динамики движения, аэродинамики, баллистики и управления полетом космических и летательных аппаратов с учетом сложности систем на основе применения современных научных знаний
ОПК-2 — способность ставить и решать задачи по проектированию, конструированию и производству объектов профессиональной деятельности при использовании современных информационных технологий
ОПК-3 — способность применять на практике новые научные принципы и методы исследований на основе анализа научной и патентной литературы

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ПСК-1/24.2**

*знания:*

основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения статики, кинематики и динамики, особенности физического и математического моделирования одномерных и многомерных, дозвуковых и сверхзвуковых, ламинарных и турбулентных течений идеальной и реальной несжимаемой и сжимаемой жидкостей;

*умения:*

использовать математический аппарат и информационные технологии при решении задач баллистики и гидроаэродинамики; строить математические модели физических явлений; строить геометрические и сеточные модели изделий АРКТ; формулировать алгоритмы решения задач;

*навыки:*

проведения вычислительных экспериментов и компьютерного моделирования в области динамики движения, баллистики, гидроаэродинамики и управления полётом изделий АРКТ.

## **ОПК-2**

*знания:*

современных CAD-CAM-CAE систем и областей их применения; требований к проектированию, конструированию и производству объектов АРКТ; требований системы ЕСКД;

*умения:*

выбирать программные средства для решения прикладных задач; проводить поиск информации с использованием специальной литературы и сети интернет;

*навыки:*

использования прикладных программ для проектирования, конструирования и производства объектов АРКТ.

## **ОПК-3**

*знания:*

основные способы разработки и применения численных методов, способы проведения физических и численных экспериментов; передовые компьютерные технологии в области баллистики, гидроаэродинамики, создания цифровых двойников изделий АРКТ;

*умения:*

разрабатывать физические, математические и цифровые модели газодинамических, аэродинамических баллистических и термодинамических процессов и изделий АРКТ на основе анализа научной и патентной литературы;

*навыки:*

проведения исследований на основе разработанных физических, математических и цифровых моделей газодинамических, аэродинамических баллистических и термодинамических процессов и изделий АРКТ.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ БАЛЛИСТИКИ И ГИДРОАЭРОДИНАМИКИ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОМЕХАНИКИ, МЕТОДЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА, ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА, МОДЕЛИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ПК-95 — способен к критическому мышлению в цифровой среде, оценке информации, ее достоверности, построению логических умозаключений на основании поступающих информации и данных
- ПСК-1/24.3 — Способен формулировать задачи расчетного исследования по аэрогазодинамике и процессам теплообмена изделий АРКТ, выбирать и адаптировать коммерческое программное обеспечение под решаемую задачу, выделять определяющие факторы внешних воздействий при формулировке задач
- ПСК-1/24.4 — Способен разрабатывать разделы научно-технической и проектной документации с результатами выполненных исследований и проектных разработок по проблемам аэрогазодинамики и процессов теплообмена изделий АРКТ, с использованием прикладных компьютерных программ для поиска научно-технической и патентной информации, создания документов и презентаций

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-1/24.2	ОПК-2	ОПК-3
5	10	<b>Раздел 1. Современные вычислительные программные средства.</b> Обзор современных вычислительных программных средств, применяемых при решении прикладных задач баллистики и гидроаэродинамики. Возможности коммерческих программных продуктов. Нормативные документы, регламентирующие математическое и компьютерное моделирование, правила проведения вычислительных экспериментов и представление полученных результатов. Валидация. Верификация. Сеточная сходимость. Эталонные задачи.	86	16	8	8	70	33	33	33
5	10	<b>Раздел 2. Цифровые двойники изделий АРКТ.</b> Цифровые двойники: понятие, классификация, место в современном технологическом процессе. Программные средства для создания цифровых двойников. Примеры применения технологии цифровых двойников в промышленности.	30	10	5	5	20	33	33	33
5	10	<b>Раздел 3. Технологии искусственного интеллекта.</b> Понятие искусственного интеллекта. Задача регрессионного анализа. Задача классификации. Нейросеть как программа. Обучение нейросети. Выбор данных.	28	8	4	4	20	34	34	34
<b>Всего за 10 семестр</b>			144	34	17	17	110	100	100	100
<b>Всего по дисциплине</b>			144	34	17	17	110	100	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Современные вычислительные программные средства.	Построение компьютерной модели. Построение геометрической модели. Построение сеточной модели. Формулировка математической модели и системы допущений. Постановка задачи: численная схема, начальные и граничные условия. Сеточная сходимость решения. Постпроцессинг и обработка данных вычислительного эксперимента.	8
2	Раздел 2. Цифровые двойники изделий АРКТ.	Технологическая платформа для создания цифровых двойников.	5
3	Раздел 3. Технологии искусственного интеллекта.	Программирование нейросети. Нейросети на Python. Нейросети в MatLab.	4
<b>Всего за 10 семестр</b>			17

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Современные вычислительные программные средства.	Выполнение индивидуального практического задания, его представление и защита. Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	70
2	Раздел 2. Цифровые двойники изделий АРКТ.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	20
3	Раздел 3. Технологии искусственного интеллекта.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	20

**3.4. Курсовой проект**

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Аналитический обзор работ по тематике, определенной индивидуальным заданием. Выбор объекта и предмета исследования.	1 - 5	6
Этап 2. Формулировка математической, геометрической, численной модели рассматриваемых процессов и явлений. Обоснование принятых допущений. Уточнение расчетной схемы. Исследование сеточной сходимости.	6 - 10	12
Этап 3. Проведение вычислительных экспериментов. Анализ полученных результатов.	11 - 14	12
Этап 4. Формулирование выводов по работе. Оформление пояснительной записки, подготовка презентации и доклада. Защита курсового проекта.	15 - 17	6
<b>Всего за 10 семестр</b>		<b>36</b>

**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>10</b>						ДР			Зад. СРС	ДР		ВРЗД			ВРЗД	ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Зад. СРС – задания для самостоятельной работы;
- ВРЗД – вопросы по разделу.

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

- диагностическая работа;
- задания для самостоятельной работы;
- вопросы по разделу.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Нейронные сети в Matlab. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 38 экз.
2. . Нейронные сети в Matlab. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, эл. рес.
3. . Системы искусственного интеллекта. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 50 экз.
4. А. В. Остроух, Н. Е. Суркова. . Системы искусственного интеллекта. Санкт-Петербург: Лань, 2021, эл. рес.
5. А. З. Копылов. . Гидрогазодинамические расчёты в SolidWorks средствами модуля FlowSimulation. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.
6. А. И. Смирнов, А. В. Сумин, А. С. Прядкин. . Расчёт конструкций на прочность в среде "Логос". Концентрация напряжений. Геометрическая нелинейность. Гидростатическое нагружение обтекателя. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, эл. рес.
7. А. П. Сергеев, Д. А. Тарасов. . Введение в нейросетевое моделирование. Москва: Флинта, 2020, эл. рес.
8. В. С. Ростовцев. . Искусственные нейронные сети. Санкт-Петербург: Лань, 2021, эл. рес.
9. И. А. Бессмертный. . Системы искусственного интеллекта. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
10. К. Н. Кравченко, Е. В. Глазунова, А. А. Курносов. . Расчёт обтекания подводного аппарата в среде "Логос". Плоская задача внешней гидродинамики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, эл. рес.
11. М. В. Воронов, В. И. Пименов, И. А. Небаев. . Системы искусственного интеллекта. Москва: Юрайт, 2022, эл. рес.
12. О. К. Овчинникова, М. М. Лаптинская, И. В. Тетерина. . Решение прикладных задач термогазодинамики в Ansys. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. П. А. Созинов, Г. И. Андреев, А. Ю. Мушков. . Цифровые двойники. М.: Радиотехника, 2022, 1 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Естественные и технические науки.

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

1. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов;
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=474](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474) — Библиотечно-издательский центр БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова — 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. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
2. Microsoft Office;
3. SolidWorks 2015 R5;
4. КОМПАС-3D V17.

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. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
2. Microsoft Office;
3. SolidWorks 2015 R5;
4. КОМПАС-3D V17.

### **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 **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ БАЛЛИСТИКИ И ГИДРОАЭРОДИНАМИКИ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-1/24.2 способность применять программы и методики проведения экспериментов и компьютерного моделирования, разрабатывать модели и алгоритмы решения задач динамики движения, аэродинамики, баллистики и управления полетом космических и летательных аппаратов с учетом сложности систем на основе применения современных научных знаний;

ОПК-2 способность ставить и решать задачи по проектированию, конструированию и производству объектов профессиональной деятельности при использовании современных информационных технологий;

ОПК-3 способность применять на практике новые научные принципы и методы исследований на основе анализа научной и патентной литературы.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с построением математических, имитационных, численных, сеточных, компьютерных моделей; цифровых двойников изделий АРКТ; проведением вычислительных экспериментов в современных вычислительных программных комплексах; разработкой, регистрацией и сертификацией пользовательских программных средств в области моделирования термогазодинамических, аэродинамических и баллистических процессов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- задания для самостоятельной работы;
- вопросы по разделу.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**110 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 110 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. Современные вычислительные программные средства.</b>		
Выполнение индивидуального практического задания, его представление и защита. Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	О. К. Овчинникова, М. М. Лаптинская, И. В. Тетерина. . Решение прикладных задач термогазодинамики в Ansys: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (1) А. З. Копылов. . Газодинамические расчёты в SolidWorks средствами модуля FlowSimulation: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1) А. И. Смирнов, А. В. Сумин, А. С. Прядкин. . Расчёт конструкций на прочность в среде "Логос". Концентрация напряжений. Геометрическая нелинейность. Гидростатическое нагружение обтекателя: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1) К. Н. Кравченко, Е. В. Глазунова, А. А. Курносов. . Расчёт обтекания подводного аппарата в среде "Логос". Плоская задача внешней гидродинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1) А. И. Смирнов, А. В. Сумин, А. С. Прядкин. . Расчёт конструкций на прочность в среде "Логос". Концентрация напряжений. Геометрическая нелинейность. Гидростатическое нагружение обтекателя: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1)	70
Итого по разделу 1		70
<b>Раздел 2. Цифровые двойники изделий АРКТ.</b>		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	П. А. Созинов, Г. И. Андреев, А. Ю. Мушков. . Цифровые двойники: М.: Радиотехника, 2022 (1)	20
Итого по разделу 2		20
<b>Раздел 3. Технологии искусственного интеллекта.</b>		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	. Системы искусственного интеллекта: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (все) . Нейронные сети в Matlab: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (все) . Нейронные сети в Matlab: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (все) А. П. Сергеев, Д. А. Тарасов. . Введение в нейросетевое моделирование: Москва: Флинта, 2020 (1) В. С. Ростовцев. . Искусственные нейронные сети:	20

	<p>Санкт-Петербург: Лань, 2021 (1)</p> <p>И. А. Бессмертный. . Системы искусственного интеллекта: Москва: Юрайт, 2020 (все)</p> <p>А. В. Остроух, Н. Е. Суркова. . Системы искусственного интеллекта: Санкт-Петербург: Лань, 2021 (все)</p> <p>М. В. Воронов, В. И. Пименов, И. А. Небаев. . Системы искусственного интеллекта: Москва: Юрайт, 2022 (все)</p>	
Итого по разделу 3		20

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- задания для самостоятельной работы;
- вопросы по разделу;
- 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.

#### Задания для самостоятельной работы

Отчет по заданию оформляется в виде презентации доклада и пояснительной записки по ГОСТ 2.105-2019, включающей текстовую часть с физической постановкой задачи, математической моделью, обоснованием выбора численного метода, результатами решения, графическое изображение, анализа полученных результатов и выводов.

Пояснительная записка с текстом, рисунками и графиками выполняется в редакторе "Word".

Отчет по практической работе должен содержать:

- постановку задачи, математическую модель и основные расчетные соотношения используемых методов решения, критерий сходимости;
- схему расчетной области с характеристиками сетки, краевыми и начальными условиями, реализованными в решаемом варианте;
- графическое представление полученных результатов;
- содержание исследовательского задания, результаты вычислительного моделирования, анализ и выводы по проведенным исследованиям.

Процедура защиты включает ответы на вопросы преподавателя по работе и разделу курса. В ходе защиты работы студенты должны продемонстрировать культуру речи при изложении своих мыслей, логичность в постановке и изложении материала, необходимые начальные знания по существу обсуждаемой темы, умение определить место исследованного явления в конкретных технических процессах и устройствах, умение самостоятельно модифицировать математические модели и программные средства для целей конкретизации или расширения области приложения моделей, использованных в работе.

Критерии оценивания. Оценка защиты работы выставляется по 100 балльной шкале с учётом:

- выполнение практической работы в компьютерном классе – 20 баллов,
- выполнение задания исследовательской части работы – 20 баллов,
- оформление пояснительной записки – 20 баллов,
- защита результатов, ответы на вопросы и их логика, культура речи – 40 баллов.

Работа считается принятой при наборе студентом более 70 баллов. 70-80 баллов "удовлетворительно", 80-90 - "хорошо", 90-100 - "отлично".

#### Вопросы по разделу

Вопросы включены в УМК дисциплины

#### Экзамен

Экзамен включает в себя два контрольных вопроса по выбору преподавателя из списка вопросов для собеседования по разделам дисциплины.

Знания, умения и навыки студентов определяются следующим образом:

- Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала.

- Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.
- Оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.
- Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %			НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-1/24.2	ОПК-2	ОПК-3	
5	10	Раздел 1. Современные вычислительные программные средства.	86	16	8	8	70	33	33	33	Задания для самостоятельной работы
5	10	Раздел 2. Цифровые двойники изделий АРКТ.	30	10	5	5	20	33	33	33	Вопросы по разделу
5	10	Раздел 3. Технологии искусственного интеллекта.	28	8	4	4	20	34	34	34	Вопросы по разделу
Всего за 10 семестр			144	34	17	17	110	100	100	100	
Всего по дисциплине			144	34	17	17	110	100	100	100	



## Критерии оценивания

### ПСК-1/24.2

#### Вопросы открытого типа:

- № 1 Перечислите, какие этапы должна содержать постановка (формулировка) задачи механики сплошной среды, заключающаяся в создании математической модели, воспроизводящей явление, объект или свойства объекта действительного мира на основе модели сплошной среды.
- № 2 Каким образом должны быть представлены результаты сопоставления данных, рассчитываемых с помощью ПО КМ, и данных экспериментов, верификационных тестов, расчетных тестов?
- № 3 Перечислите, какие методы относят к численным методам решения дифференциальных или интегральных уравнений, основанным на замене исходных уравнений уравнениями от дискретного аргумента при помощи аппроксимации уравнений или искомых функций на сетке.
- № 4 Закончите утверждение:  
  
При решении серии однородных задач с одной и той же постановкой, но различиями в некоторых величинах параметров задачи, исследование сеточной сходимости решения ...
- № 5 Дайте определение понятия «Конечно-элементная модель» (согласно ГОСТ Р 57188-2016, ГОСТ Р 57412-2017, ГОСТ Р 57700.22-2020, ГОСТ Р 57188-2016 или ГОСТ Р 57700.10-2018)
- № 6 Дайте определение понятия «Математическая модель» (согласно ГОСТ Р 57188-2016, ГОСТ Р 57412-2017, ГОСТ Р 57700.22-2020, ГОСТ Р 57188-2016 или ГОСТ Р 57700.10-2018)
- № 7 Дайте определение понятия «Компьютерная модель» (согласно ГОСТ Р 57188-2016, ГОСТ Р 57412-2017, ГОСТ Р 57700.22-2020, ГОСТ Р 57188-2016 или ГОСТ Р 57700.10-2018)
- № 8 Дайте определение понятия «Имитационная модель» (согласно ГОСТ Р 57188-2016, ГОСТ Р 57412-2017, ГОСТ Р 57700.22-2020, ГОСТ Р 57188-2016 или ГОСТ Р 57700.10-2018)
- № 9 Дайте определение понятия «Информационная модель» (согласно ГОСТ Р 57188-2016, ГОСТ Р 57412-2017, ГОСТ Р 57700.22-2020, ГОСТ Р 57188-2016 или ГОСТ Р 57700.10-2018)
- № 10 Дайте определение понятия «Дискретная модель» (согласно ГОСТ Р 57188-2016, ГОСТ Р 57412-2017, ГОСТ Р 57700.22-2020, ГОСТ Р 57188-2016 или ГОСТ Р 57700.10-2018)

#### Вопросы закрытого типа:

- № 1 Какие задачи, имеющие аналитическое решение, рекомендуется использовать в качестве тестов для верификации ПО при моделировании сверхзвуковых течений невязких газов?
- обтекание сферы
  - обтекание цилиндра
  - обтекание пластины под углом атаки
  - течение в канале
  - течение Куэтта
  - течение Пуазейля
  - моделирование диффузии
  - однородный поток в прямоугольной расчетной области
  - истечение в вакуум
  - обтекание кругового конуса

№ 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обтекание клина</li> <li>- обтекание стенки с изломом</li> </ul> <p>Раздел "Верификация расчетной методики" отчета о верификации и валидации ПО КМ должен содержать ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные сведения об оценке сходимости и устойчивости численных решений с указанием используемых методов анализа сходимости и устойчивости</li> <li>- информацию о том, как влияют особенности численного метода на результаты расчетов (шаг интегрирования, частота сетки и др.), результаты оценки погрешности численной схемы</li> <li>- условия сопряжения уравнений, описывающих различные физические и химические процессы и состояния элементов</li> <li>- результаты анализа чувствительности решения к изменению геометрических, граничных и режимных</li> <li>- параметров, а также замыкающих соотношений в пределах имеющейся зоны неопределенности их выбора</li> <li>- перечень тестов, предназначенных для обоснования точности, сходимости, устойчивости используемых в ПО КМ численных методов</li> <li>- результаты сопоставлений расчетов, выполненных с помощью сертифицируемой версии ПО КМ, и данных верификационных тестов</li> <li>- область моделирования и пределы применения ПО КМ</li> <li>- перечень заявленных к сертификации расчетных параметров и величины максимального отклонения этих параметров при различных параметрах моделирования</li> <li>- количественная оценка погрешностей моделирования</li> <li>- результаты сопоставлений расчетов, выполненных с помощью сертифицируемой версии ПО КМ, и данных экспериментов и/или расчетных тестов</li> </ul>
№ 3	<p>Выберите пункты, соответствующие общим требованиям к верификации численных решений:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- исключены искажения решения граничными условиями</li> <li>- определены требуемая точность и допустимая погрешность решения</li> <li>- сеточная сходимость обеспечена проведением решений не менее чем на трех вариантах сеток различной подробности</li> <li>- сходимость численного решения определена по нескольким однозначно трактуемым параметрам</li> <li>- сходимость численного решения определена по одному произвольному параметру</li> <li>- подробность сеточной модели обусловлена требованиями к точности решения</li> <li>- используются только сеточные методы решения</li> <li>- количество итераций составляет не менее тысячи</li> <li>- для получения решения применяются пользовательские программы</li> </ul>
№ 4	<p>Соотношения, дополнительные к законам сохранения (массы, энергии, импульса и др.), служащие для описания модели среды (реология, уравнения состояния),</p>

	называются ...
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- задача Коши</li> <li>- граничные условия</li> <li>- замыкающие соотношения</li> <li>- имитационная модель</li> <li>- начальные условия</li> </ul>
№ 5	<p>Корректно поставленная задача в механике сплошной среды должна удовлетворять следующим условиям корректности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- задача имеет решение при любых допустимых исходных данных</li> <li>- каждым исходным данным соответствует только одно решение</li> <li>- решение устойчиво</li> <li>- критерий Куранта - Фридрихса -Леви не превышает единицы параметров, а также замыкающих соотношений в пределах имеющейся зоны неопределенности их выбора</li> <li>- задача является трехмерной</li> <li>- решение является точным</li> </ul>
№ 6	<p>Модель, в которой сведения об объекте моделирования представлены в виде математических символов и выражений, называется ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- численный метод</li> <li>- сеточная модель</li> <li>- математическая модель</li> <li>- имитационная модель</li> </ul>
№ 7	<p>численная модель</p> <p>Исследование каких-либо явлений, процессов или систем объектов путем построения, применения и изучения их математических моделей, называется ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- численное моделирование</li> <li>- вычислительное моделирование</li> <li>- математическое моделирование</li> </ul>
№ 8	<p>имитационное моделирование</p> <p>Какими причинами обусловлена погрешность численного решения?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- неустранимая погрешностью входных данных</li> <li>- погрешность дискретизации</li> <li>- ошибки округления</li> <li>- наличие невязок</li> <li>- допущения математической модели</li> <li>- человеческий фактор</li> </ul>
№ 9	<p>Регламентированная процедура признания возможности использования ПО КМ в заявленной области и границах применения, завершающаяся выдачей сертификата, называется ...</p>

	- сертификация
	- валидация
	- верификация
	- оценка
	- разработка
№ 10	Какие критерии подобия считают основными в аэродинамике летательного аппарата при проведении физических экспериментов в аэродинамических трубах?
	— Число Маха
	— Число Рейнольдса
	— Число Крокко
	— Число Фруда
	— Число Стокса
	Число Нуссельта
<b>ОПК-2</b>	
	<i>Вопросы открытого типа:</i>
№ 1	Дайте определение понятию «нейротехнологии»
№ 2	Дайте определение понятию «интернет вещей»
№ 3	В чём состоит валидация модели?
№ 4	В чём состоит верификация модели?
№ 5	что означает термин "Междисциплинарность"?
№ 6	Цифровой двойник является неизменным?
№ 7	Дайте определение понятию «бессеточные численные методы». Какие методы относятся к бессеточным?
№ 8	Дайте определение понятию «Программное обеспечение компьютерного моделирования» (согласно ГОСТ Р 57700.22-2020). Приведите примеры.
№ 9	Дайте определение понятию «виртуальный эксперимент» (согласно ГОСТ Р 57700.22-2020)
№ 10	Перечислите признаки, по которым классифицируют компьютерные модели (согласно ГОСТ Р 57700.22-2020)
	<i>Вопросы закрытого типа:</i>
№ 1	Расставьте в хронологическом порядке согласно циклу Гартнера, какие пять последовательных стадий проходит любая технология в своем развитии:
	1
	2
	3
	4
	5
	- запуск технологии
	- пик завышенных ожиданий
	- глубокое разочарование
	- масштабирование, рост за счет научения
	- плато продуктивности
№ 2	При математическом и компьютерном моделировании необходимо, чтоб модель

обеспечивала соответствие моделируемому изделию (процессу или явлению) по обоснованному перечню характеристик. Это свойство называется ...

- адекватность
- устойчивость
- верифицируемость

сходимость

№ 3 При математическом и компьютерном моделировании процесс определения степени того, насколько модель является точным представлением реального мира с точки зрения предполагаемого использования модели, называется ...

- валидация
- верификация
- воспроизводимость

дискретизация

№ 4 Согласно ГОСТ 7.0-99, информация, обработанная и представленная в формализованном виде для дальнейшей обработки, называется ...

- продукция
- данные
- изделие

программа

№ 5 Согласно ГОСТ 2.101-2016, предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению в организации (на предприятии) по конструкторской документации., называется ...

- продукция
- данные
- изделие

программа

№ 6 Как называется система взаимосвязанных вычислительных устройств, которые могут собирать и передавать данные по беспроводной сети без участия человека? Она включает в себя датчики и устройства, взаимодействие которых осуществляется через облачное соединение, программные средства обработки данных и пользовательский интерфейс.

- интернет вещей
- искусственный интеллект
- виртуальная реальность

- нейросеть

№ 7 Как называется раздел цифровых, интеллектуальных технологий, связанных с изучением активности мозга, восприятием и распознаванием сигналов, исследованием и моделированием механизмов принятия решений об изображениях объектов и сцен, анализом «карт» активности нейронных сетей, при планировании и организации целенаправленных действий в реальной и виртуальной среде?

- интернет вещей
- нейротехнологии

- виртуальная реальность
  - машинное обучение
- № 8 Выберите три стороны, которые рассматриваются при построении цифрового двойника.
- применяемые технологии моделирования
  - уровень анализа изделия
  - стадии жизненного цикла изделия
  - условия эксплуатации изделия
  - сложность математической модели
- № 9 Согласно ГОСТ Р 57188-2016, сущность, воспроизводящая явление, объект или свойство объекта реального мира, называется ...
- модель
  - макет
  - изделие
- № 10 При компьютерном моделировании необходимо в первую очередь представить физическую постановку задачи - её расчетную схему. При этом будут верны следующие утверждения:
- Для одной конструкции может существовать несколько расчетных схем
  - Для одной конструкции может существовать только одна расчетная схема
  - Одна расчетная схема может соответствовать различным конструкциям
  - Расчетная схема автоматически генерирует на ЭВМ
  - Создание расчетной схемы - творческий процесс
  - Инженер не несёт ответственности за корректность расчетной схемы

### **ОПК-3**

#### *Вопросы открытого типа:*

- № 1 Опишите различия аналитических, численных и статистических компьютерных моделей (согласно ГОСТ Р 57700.22-2020). Приведите примеры.
- № 2 Дайте определение понятий «валидационный базис», «натурный эксперимент» и «виртуальный эксперимент» (согласно ГОСТ Р 57700.24-2020)
- № 3 Опишите требования к структуре валидационного базиса (согласно ГОСТ Р 57700.24-2020)
- № 4 Дайте определение понятиям «численная погрешность» и «неопределенность» (согласно ГОСТ Р 57700.25-2020). Приведите расчетные соотношения.
- № 5 Дайте определения основных параметров и характеристик высокопроизводительных вычислительных систем (согласно ГОСТ Р 57700.27-2020): производительность, латентность, пропускная способность, энергоэффективность, коэффициент ускорения, эффективность распараллеливания
- № 6 Дайте определения основных понятий, применяемых в высокопроизводительных вычислительных системах (согласно ГОСТ Р 57700.36-2021): искусственный интеллект, нейронная сеть, машинное обучение, архитектура нейронной сети
- № 7 Опишите цели и задачи создания цифровых двойников изделий (согласно ГОСТ Р 57700.37-2021)
- № 8 Чему равна степень нерасчетности струи? Какие режимы выделяют по её величине?

- № 9 Перечислите, по каким силам при проведении аэродинамических экспериментов обеспечивают подобие числа Рейнольдса. Фруда и Маха?
- № 10 Перечислите основные геометрические характеристики крыла.  
*Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Выберите три компонента, необходимых и достаточных для создания цифрового двойника.
- Реальный продукт в реальном окружении
  - Виртуальный продукт в его виртуальном окружении
  - Информация и данные, связывающие реальный и виртуальный продукт
  - Математические модели процессов и явлений
  - Детализация комплексов и сборочных единиц
  - Технологический процесс изготовления объектов
- № 2 Согласно определению ГОСТ Р 57700.37–2021, цифровой двойник - это ...
- набор виртуальных информационных конструкций, которые полностью описывают потенциальный или фактический реальный произведенный продукт от микроскопического уровня до геометрического макроскопического уровня
  - виртуальное представление реальных сущностей и процессов, синхронизированных с определенной частотой и точностью
  - представление физического объекта, системы или процесса при помощи программных средств, предназначенное для распознавания, предупреждения, прогнозирования и оптимизации с помощью аналитических данных, получаемых в режиме реального времени, с целью повышения ценности бизнеса
  - особый тип компьютерной модели, который представляет определенный объект (например, оборудование) или процесс (например, бизнес процесс) и обеспечивает большие аналитические возможности: пользователи могут проверять любой элемент системы и запускать сценарии "что, если", чтобы исследовать все взаимозависимости
  - виртуальное представление физического продукта или процесса, используемое для понимания и прогнозирования эксплуатационных характеристик физического двойника
- № 3 Согласно ГОСТ Р 57700.37-2021, система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями, называется ...
- виртуальная реальность
  - цифровой двойник
  - конструкторская документация
  - программно-технологическая платформа
- № 4 Согласно ГОСТ Р 57700.37-2021, система математических и компьютерных моделей, а также электронных документов изделия, описывающая структуру, функциональность и поведение вновь разрабатываемого или эксплуатируемого изделия на различных стадиях жизненного цикла, для которой на основании результатов цифровых и (или) иных испытаний по ГОСТ 16504 выполнена оценка соответствия предъявляемым к изделию требованиям, называется ...
- цифровая модель изделия
  - цифровой двойник
  - виртуальная реальность

- № 5
- программно-технологическая платформа
- Согласно ГОСТ Р 57188-2016, представление математической модели в форме алгоритма, который может быть реализован в виде компьютерной программы, называется ...
- численный метод
  - численное решение
  - расчетная модель
- № 6
- программно-технологическая платформа
- К вихревым численным методам, для решения задач гидродинамики, основанным на непосредственном лагранжевом моделировании эволюции поля завихренности с использованием интегральной процедуры восстановления кинематических и динамических полей движущейся несжимаемой жидкости относятся следующие методы: ...
- метод осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье - Стокса
  - метод дискретных вихрей
  - мезоскопические численные методы
  - методы гидродинамики сглаженных частиц
  - методы прямого численного моделирования
  - метод Эйлера
  - метод случайных блужданий
  - метод расширяющихся ядер
  - метод диффузионной скорости
  - метод вязких вихревых доменов
  - метод вязких дипольных доменов
- № 7
- метод Монте-Карло
- К классу бессеточных методов для решения физико-механических задач о движении материального континуума, в которых не применяется построение расчетных сеток, а моделирование происходит за счет исследования взаимодействий условных частиц, относятся следующие методы ...
- метод осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье - Стокса
  - вихревые численные методы
  - мезоскопические численные методы
  - методы гидродинамики сглаженных частиц
  - методы прямого численного моделирования
  - метод Эйлера
- № 8
- Раздел "Валидация расчетной методики" отчета о верификации и валидации ПО КМ должен содержать ...
- основные сведения об оценке сходимости и устойчивости численных решений с указанием используемых методов анализа сходимости и устойчивости
  - информацию о том, как влияют особенности численного метода на результаты расчетов (шаг интегрирования, частота сетки и др.), результаты оценки



погрешности численной схемы

- условия сопряжения уравнений, описывающих различные физические и химические процессы и состояния элементов
- результаты анализа чувствительности решения к изменению геометрических, граничных и режимных
- параметров, а также замыкающих соотношений в пределах имеющейся зоны неопределенности их выбора
- перечень тестов, предназначенных для обоснования точности, сходимости, устойчивости используемых в ПО КМ численных методов
- результаты сопоставлений расчетов, выполненных с помощью сертифицируемой версии ПО КМ, и данных верификационных тестов
- область моделирования и пределы применения ПО КМ
- перечень заявленных к сертификации расчетных параметров и величины максимального отклонения этих параметров при различных параметрах моделирования
- количественная оценка погрешностей моделирования
- результаты сопоставлений расчетов, выполненных с помощью сертифицируемой версии ПО КМ, и данных экспериментов и/или расчетных тестов

№ 9

Какие задачи, имеющие аналитическое решение, рекомендуется использовать в качестве тестов для верификации ПО при моделировании дозвуковых течений вязких и невязких жидкостей и газов?

- обтекание сферы
- обтекание цилиндра
- обтекание пластины под углом атаки
- течение в канале
- течение Куэтта
- течение Пуазейля
- моделирование диффузии
- однородный поток в прямоугольной расчетной области
- истечение в вакуум
- обтекание кругового конуса
- обтекание клина
- обтекание стенки с изломом

№ 10

Какие задачи, имеющие аналитическое решение, рекомендуется использовать в качестве тестов для верификации ПО при моделировании ламинарных течений вязких жидкостей и газов?

- обтекание сферы
- обтекание цилиндра
- обтекание пластины под углом атаки
- течение в канале

- течение Куэтта
- течение Пуазейля
- моделирование диффузии
- однородный поток в прямоугольной расчетной области
- истечение в вакуум
- обтекание кругового конуса
- обтекание клина
- обтекание стенки с изломом