

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.ДВ.07.02 Вычислительная аэрогидродинамика

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

02.03.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль)

02.03.01.31 Математическое и компьютерное моделирование

Форма обучения

очная

Год набора

2021

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили \_\_\_\_\_

к.ф.-м.н., профессор, Распопов В.Е.

\_\_\_\_\_  
должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Цель преподавания дисциплины: получение знаний о наиболее употребляемых в настоящее время численных методах и приемах их алгоритмической реализации при решении задач аэрогидродинамики.

Дисциплина «Вычислительная аэрогидродинамика» согласно учебному плану входит в число дисциплин по выбору вариативной части профессионального цикла по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки» профилей 02.03.01.04 «Математическое и компьютерное моделирование», 02.03.01.05 «Вычислительные, программные, информационные системы и компьютерные технологии».

Дисциплина изучается в седьмом семестре и продолжает формирование профессиональных компетенций студента.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Задачей изучения дисциплины является: получение теоретических знаний и практических навыков численного решения многомерных задач аэро- и гидродинамики, теории упругости и пластичности

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-1: Способен применять в научно-исследовательской деятельности базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий</b>	
ПК-1.1: Применяет теоретические и практические знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий при проведении исследований в конкретной области профессиональной деятельности	Основные понятия и разделы научной дисциплины, её базовые идеи. Характеристики, возможности базового и других пакетов прикладных программ. Основные приоритетные направления и критические технологии в научно- исследовательской и практической работе. Анализировать информационные источники (сайты, форумы, периодические издания). Ориентироваться в круге основных проблем и использовать методы анализа и синтеза для получения новых научных знаний. Адаптировать задачи из различных областей науки и практики для представления их в терминах дисциплины. Навыками организации самообразования, технологиями приобретения, использования и обновления профессиональных знаний. Способностью к освоению новых алгоритмов и программ в рамках тематики дисциплины.

	Способностью к построению алгоритмов в рамках тематики дисциплины на базовом языке программирования.
<b>ПК-2: Способен использовать современные методы разработки и реализации алгоритмов на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования</b>	
ПК-2.1: Применяет знания современных методов разработки и реализации алгоритмов математических моделей на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования при решении конкретных задач	<p>Типовые алгоритмы решения основных задач математического моделирования.</p> <p>Основные понятия, принципы и методологию информатики и теории программирования.</p> <p>Синтаксис и семантику алгоритмических конструкций языков программирования высокого уровня.</p> <p>Работать в средах программирования с использованием графических библиотек.</p> <p>Реализовывать алгоритмы для решения прикладных задач.</p> <p>Использовать базовые языки программирования высокого уровня.</p> <p>Навыками разработки, проектирования и тестирования программного обеспечения.</p> <p>Навыками работы в пакетах прикладных программ моделирования.</p> <p>Навыками разработки и тестирования алгоритмов, разработанных с применением базовых языков программирования.</p>
ПК-2.2: Разрабатывает и реализовывает алгоритмы математических моделей на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования	<p>Основные пакеты прикладных программ предназначенных для моделирования.</p> <p>Классические методы, применяемые в математическом и алгоритмическом моделировании.</p> <p>Технологии объектно-ориентированного программирования.</p> <p>Разрабатывать алгоритмы для решения поставленных задач.</p> <p>Строить математическую модель с алгоритмом её реализации в соответствии с выбранными методами решения.</p> <p>Использовать возможности базового пакета прикладных программ и реализовать алгоритмы решения на базовом языке программирования.</p> <p>Способностью к выявлению и определению общих форм и закономерностей в постановке задачи, разработке алгоритмов в рамках выбранной предметной области.</p> <p>Навыками систематизации и выбора необходимой информации согласно поставленной задаче.</p> <p>Навыками использования основных методов математического моделирования.</p>
<b>ПК-3: Способен создавать и исследовать математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий, программирования и компьютерной техники</b>	

<p>ПК-3.1: Выписывает математические постановки классических моделей, применяемых в естественных науках, промышленности и бизнесе</p>	<p>Современные информационные технологии, информационные системы и ресурсы в области профессиональной деятельности.          Основные понятия и методы математического моделирования.          Разрабатывать и анализировать модели функционирования объектов и процессов.          Разрабатывать математические и информационные модели и алгоритмы для решения прикладных задач.          Адаптировать задачи из различных областей науки и практики для представления их в терминах дисциплины с использованием современного математического аппарата и информационных технологий.          Навыками разработки алгоритмов для решения поставленных научных и практических задач профессиональной деятельности.          Навыками применения информационно технологий для задач профессиональной деятельности.          Навыками интерпретации результатов проведенного исследования при решении поставленных задач.</p>
<p>ПК-3.2: Исследует и анализирует математические модели, применяемые в естественных науках, промышленности и бизнесе</p>	<p>Основные понятия, корректные постановки фундаментальных математических задач.          Основные понятия, методы доказательства математических утверждений, их следствия.          Основные понятия, идеи, методы, связанные с дисциплинами фундаментальной математики и программирования.          Решать задачи теоретического и прикладного характера с использованием аппарата математического моделирования.          Осуществлять поиск специальной литературы и выбирать эффективные методы изложения полученных результатов.          Систематизировать математические модели, описывать основные этапы построения алгоритмов.          Навыками применения математического инструментария для решения задач профессиональной деятельности.          Навыками систематизации и выбора необходимой информации для изложения полученных результатов при решении поставленной задачи.          Методологией математического моделирования, навыками сбора и работы с математическими источниками информации, теоретическими основами построения алгоритмов численных методов.</p>

ПК-3.3: Применяет языки программирования и пакеты прикладных программ для проведения математического моделирования при помощи	Основные понятия, идеи, методы, связанные с дисциплинами фундаментальной математики и программирования. Рекомендованные преподавателем источники по изучаемому вопросу, классические математические
компьютерной техники	<p>модели, необходимые и достаточные условия их реализации.</p> <p>Методологию построения математических алгоритмов, основные языки программирования и методы трансляций.</p> <p>Систематизировать математические модели, описывать основные этапы построения алгоритмов.</p> <p>Самостоятельно осуществлять поиск специальной литературы и выбирать эффективные численные методы согласно поставленным задачам; в соответствии с выбранным методом строить математическую модель с алгоритмом ее реализации.</p> <p>Строить математические алгоритмы и реализовывать их с помощью языков программирования для решения прикладных задач.</p> <p>Методологией математического моделирования, навыками сбора и работы с математическими источниками информации, теоретическими основами построения алгоритмов численных методов.</p> <p>Навыками систематизации и выбора необходимой информации согласно поставленной задаче, основными методами математического и алгоритмического моделирования.</p> <p>Навыками построения и математической модели с использованием выбранного языка программирования.</p>

#### **1.4 Особенности реализации дисциплины**

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. час)	е
		1
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>1,5 (54)</b>	
занятия лекционного типа	1 (36)	
практические занятия	0,5 (18)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>0,5 (18)</b>	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	
<b>Промежуточная аттестация (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>	

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Системы уравнений гидрогазодинамики. Свойства решений</b>									
	1. Законы сохранения. Дифференциальная и интегральная форма законов сохранения уравнений газовой динамики.	2							
	2. Характеристика уравнений газовой динамики. Инварианты Римана.	2							
	3. Разрывы в одномерном течении сжимаемых газов. Слабый разрыв.	2							
	4. Транспортное уравнение. Ударные волны. Задача о распаде произвольного разрыва.	2							
	5. Гиперболические системы уравнений в частных производных.			2					
	6. Задача Коши для системы квазилинейных уравнений. Смешанная задача.			1					



7. Исследование совместности неопределённых систем уравнений. Дифференциальные связи.			1					
<b>2. Основные понятия теории разностных схем.</b>								
1. Основные понятия теории разностных схем. Сетка. Разностная схема. Устойчивость. Сходимость.	2							
2. Требования к численным методам.	2							
3. Требования к численным методам. Аппроксимация. Устойчивость. Сходимость. Явные и неявные схемы.			2					
<b>3. Сведение решения многомерных задач к последовательности задач более простой структуры.</b>								
1. Метод расщепления. Слабая аппроксимация.	2							
2. Расщепление по направлениям для уравнений гидрогазодинамики.	2							
3. Метод предиктор-корректор.	2							
4. Метод факторизации.	2							
5. Метод дробных шагов Н.Н. Яненко.			2					
6. Реализация краевых условий в методе факторизации.			1					
7. Метод неполной факторизации.								
<b>4. Повышение точности разностных схем.</b>								
1. Методы повышения точности решений.	2							
2. Схемы повышенного порядка точности. Аппроксимация на расширенном шаблоне.	2							
3. Адаптивные сетки.			2					
4. Компактные схемы.			2					
<b>5. Разностные методы сжимаемой и несжимаемой жидкости.</b>								

1. Разностные методы решения задач аэрогидродинамики. Схемы приближённой факторизации: схемы Бима-Уорминга, Стегера-Уорминга.	2							
2. Разностные схемы расщепления.	2							
3. Методы решения задач для уравнения вязкой несжимаемой жидкости.	2							
4. Методы искусственной сжимаемости.	2							
5. Разностные схемы для уравнения Навье-Стокса.			1					
6. Схемы с оптимальным расщеплением операторов.			1					
7. Диссипативные свойства разностных схем.			1					
<b>6. Метод дифференциального приближения.</b>								
1. Анализ устойчивости разностных схем методом дифференциального приближения	2							
2. Инвариантные разностные схемы.	2							
3. Роль первого дифференциального приближения. Связь устойчивости разностных схем и свойств их первых дифференциальных приближений.			1					
4. Исследование инвариантных разностных схем.			1					
5. Самостоятельная работа по изучению теоретического материала, решение задач							18	
Всего	36		18				18	

## **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Андерсон Д., Танненхил Д., Плетчер Р., Подвидза Г. Л. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: Т. 1: перевод с английского : в 2 томах (Москва: Мир).
2. Андерсон Д., Танненхил Д., Плетчер Р., Подвидза Г. Л. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: Т. 2: перевод с английского : в 2 томах (Москва: Мир).
3. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. Численные методы: Рекомендовано Министерством образования Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов физико-математических специальностей высших учебных заведений(Москва: БИНОМ).
4. Гидаспов В. Ю., Ревизников Д. Л., Формалев В. Ф., Стрельцов В. Ю., Иванов И. Э., Пирумов У. Г. Численные методы. Сборник задач: учебное пособие для вузов по направлению подготовки "Математика. Прикладная математика"(Москва: Дрофа).
5. Дымников В. П. Современные проблемы вычислительной математики и математического моделирования: Том 2: в 2 томах(Москва: Наука).
6. Петров И. Б., Лобанов А. И. Лекции по вычислительной математике: учебное пособие(Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий).
7. Бахвалов Н. С., Лапин А. В., Чижонков Е. В. Численные методы в задачах и упражнениях: Рекомендовано УМО по классическому университетскому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям высшего профессионального образования 010101 "Математика" и 010901 "Механика"(Москва: БИНОМ).
8. Савенкова Н. П., Проворова О. Г., Мокин А. Ю. Численные методы в математическом моделировании: Учебное пособие(Москва: ООО "АРГАМАК-МЕДИА").
9. Гулин А. В., Морозова В. А., Мажорова О. С. Введение в численные методы в задачах и упражнениях: Учебное пособие(Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М").
10. Клунникова М.М., Распопов В.Е. Численные методы: [учеб-метод. материалы к изучению дисциплины для ...02.03.01.04 Математическое и компьютерное моделирование, 02.03.01.05 Вычислительные, программные, информационные системы и компьютерные технологии] (Красноярск: СФУ).

**4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. Delphi (Pascal);
2. Visual C (C++);

3. MathCAD;
4. Matlab;
5. Maple.

#### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Не используются.

#### **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

#### **6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Лекционная аудитория, оборудованная мультимедийным проектором и интерактивной доской для демонстрации презентаций, компьютерный класс с установленным программным обеспечением (п.9.1), доступ к корпоративной сети и сети интернет.

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, в зависимости от нозологий, осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.