

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

Б1.В.ДВ.02.02 Разностные методы решения многомерных  
задач механики сплошной среды

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

02.04.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль)

02.04.01.01 Математическое и компьютерное моделирование

Форма обучения

очная

Год набора

2022

Красноярск 2023

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили \_\_\_\_\_

к.ф.-м.н., профессор, Гилева Л.В.

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

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Цель курса - формирование у студентов знаний о наиболее употребляемых в настоящее время численных методов и приемов их алгоритмической реализации при решении многомерных задач механики сплошной среды.

### 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-5: Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий, программирования и компьютерной техники</b>	
ПК-5.1: Формулирует математические постановки классических моделей, применяемых в естественных науках, промышленности и бизнесе	Математические постановки классических задач естествознания в виде систем алгебраических и дифференциальных уравнений в частных производных Формулировать математические постановки классических задач естествознания в виде систем алгебраических и дифференциальных уравнений в частных производных Базовым математическим аппаратом для формулировки постановок классических задач естествознания в виде систем алгебраических и дифференциальных уравнений в частных производных
ПК-5.2: Создает, исследует и анализирует математические модели, применяемые в естественных науках, промышленности и бизнесе	Методы анализа математических постановок классических задач естествознания в виде систем алгебраических и дифференциальных уравнений в частных производных Исследовать и анализировать математические постановки классических задач естествознания в виде систем алгебраических и дифференциальных уравнений в частных производных Навыком исследования и анализа математических постановок классических задач естествознания в виде систем алгебраических и дифференциальных уравнений в частных производных

ПК-5.3: Применяет языки программирования и пакеты прикладных программ для проведения математического моделирования при помощи компьютерной техники	Базовые алгоритмы численного решения задач в виде алгебраических и дифференциальных уравнений, существующие пакеты прикладных программ, применяемые для математического моделирования Реализовывать базовые алгоритмы численного решения задач в виде алгебраических и дифференциальных уравнений, использовать существующие пакеты прикладных программ, применяемые для математического моделирования Навыком реализации базовых алгоритмов численного решения задач в виде алгебраических и дифференциальных уравнений и использования существующих пакетов прикладных программ, применяемых для математического моделирования
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### **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>1,06 (38)</b>	
занятия лекционного типа	0,53 (19)	
практические занятия	0,53 (19)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>2,94 (106)</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. Описание наиболее употребимых одномерных разностных схем и их обобщение на многомерный случай.</b>									
	1. Разностные схемы для одномерных уравнений переноса и диффузии.	1							
	2. Эффективные разностные схемы для многомерных уравнений переноса и диффузии.	1							
	3. Построение и исследование разностных схем для одномерных уравнений переноса и диффузии.			1					
	4. Описание наиболее употребимых одномерных разностных схем и их обобщение на многомерный случай.							11	
<b>2. Исследование свойств разностных методов многомерных задач.</b>									
	1. Аппроксимация, устойчивость и сходимость. Требования к численным алгоритмам.	1							

2. Разностные схемы для стационарных и нестационарных пространственных течений. Линеаризованные модели. Критерии устойчивости разностных схем.	1							
3. Требование к разностным схемам. Исследования на устойчивость разностных схем в одномерном случае.			1					
4. Исследование на устойчивость в многомерном случае.			1					
5. Исследование свойств разностных методов многомерных задач.							11	
<b>3. Экономичные разностные схемы решения многомерных задач.</b>								
1. Методы расщепления по направлениям и физическим процессам. Слабая аппроксимация.	1							
2. Метод факторизации. Устойчивость схем в многомерном случае.	1							
3. Расщепление по физическим процессам и пространственным переменным в многомерном случае дифференциальных уравнений и разностных схем.			2					
4. Экономичные разностные схемы решения многомерных задач.							11	
<b>4. Численные методы решения уравнений газовой динамики.</b>								
1. Разностные схемы С.К. Годунова для многомерных задач газовой динамики.	1							
2. Сеточно-характеристический метод для численного решения уравнений газовой динамики.	1							
3. Методы Бориса-Брука. TVD-схемы.	1							
4. Характеристики уравнений газовой динамики. Слабые и сильные разрывы.			1					

5. Метод характеристик для задач газовой динамики.			1					
6. Исследование методов Бориса-Брука и TVD-схем.			1					
7. Численные методы решения уравнений газовой динамики.							15	
<b>5. Численные методы решения уравнений Навье-Стокса сжимаемого теплопроводного газа и несжимаемой жидкости.</b>								
1. Уравнения Навье-Стокса для сжимаемой жидкости. Построение сеток.	1							
2. Явный и неявный методы Мак-Кормака. Обзор других методов.	1							
3. Уравнения Навье-Стокса для несжимаемой жидкости. Методы расщепления.	1							
4. Методы построения подвижных схем.			1					
5. Исследование методов Мак-Кормака			1					
6. Методы расщепления и факторизации.			1					
7. Численные методы решения уравнений Навье-Стокса сжимаемого теплопроводного газа и несжимаемой жидкости.							16	
<b>6. Конечно-разностные методы, метод конечных объемов, метод конечных элементов, метод граничных элементов, метод</b>								
1. Методы конечных объемов и конечных элементов.	1							
2. Методы граничных элементов. Метод частиц в ячейках Харлоу.	1							
3. Вариационный метод Ритца. Проекционный метод Галёркина. Применение метода конечных элементов для нестационарных уравнений.			2					
4. Конечно-разностные методы, метод конечных объемов, метод конечных элементов, метод граничных элементов, метод частиц в ячейках.							14	
<b>7. Методы повышения точности решений.</b>								



1. Неравномерные сетки. Преобразование координат. Адаптивные сетки.	1							
2. Схемы повышенного порядка точности. Аппроксимация на расширенном шаблоне.	1							
3. Компактные схемы. Принципы построения. Многомерный случай.	1							
4. Метод Кранка-Николсона. Метод «предиктор-корректор»			1					
5. Схемы повышенной точности.			1					
6. Методы дробных шагов, разработанные Н.Н. Яненко.			1					
7. Методы повышения точности решений.							14	
<b>8. Реализация численных методов в современных математических пакетах Mathcad, Matlab.</b>								
1. Возможности численного решения задач газовой динамики в пакетах Maple, Mathcad и Matlab.	2							
2. Решение с помощью пакета Matlab задачи о распаде разрыва.			2					
3. Визуализация результатов расчётов в пакете Matlab.			1					
4. Реализация численных методов в современных математических пакетах Mathcad, Matlab.							14	
Всего	19		19				106	

## 4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 4.1 Печатные и электронные издания:

1. Ковеня В. М., Шокин Ю. И. Алгоритмы расщепления при решении многомерных задач аэрогидродинамики: [монография](Новосибирск: Издательство СО РАН).
2. 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).
3. Рождественский Б. Л., Яненко Н. Н. Системы квазилинейных уравнений и их приложений к газовой динамике: монография(Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.).
4. Марчук Г. И. Методы расщепления: монография(Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.).
5. Марчук Г. И. Методы вычислительной математики: учебное пособие (Москва: Лань).
6. Годунов С. К., Забродин А. В., Иванов М. Я., Крайко А. Н., Прокопов Г. П., Годунов С. К. Численное решение многомерных задач газовой динамики: монография(Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.).
7. Рябенский В. С. Введение в вычислительную математику: [учебное пособие](Москва: Физматлит).
8. Шокин Ю. И., Яненко Н. Н. Метод дифференциального приближения: монография(Новосибирск: Наука. Сибирское отделение [СО]).
9. Толстых А. И., Белоцерковский О. М. Компактные разностные схемы и их применение в задачах аэрогидродинамики: монография(Москва: Наука).
10. Яненко Н. Н. Метод дробных шагов решения многомерных задач математической физики: монография(Новосибирск: Наука. Сибирское отделение [СО]).
11. Самарский А. А., Вабищевич П. Н. Вычислительная теплопередача (Москва: URSS).
12. Каханер Д., Моулер К., Нэш С., Икрамов Х.Д. Численные методы и программное обеспечение: пер. с англ.(Москва: Мир).
13. Оран Э. С., Борис Дж. П., Зимонт В. Л., Чушкин П. И. Численное моделирование реагирующих потоков: перевод с английского(Москва: Мир).
14. Петров И. Б., Лобанов А. И. Лекции по вычислительной математике: учебное пособие(Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий).
15. Андерсон Д., Танненхил Д., Плетчер Р., Подвидза Г. Л. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: Т. 1: перевод с английского : в 2 томах (Москва: Мир).
16. Андерсон Д., Танненхил Д., Плетчер Р., Подвидза Г. Л. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: Т. 2: перевод с английского : в 2 томах (Москва: Мир).

17. Ковеня В. М., Яненко Н. Н., Шокин Ю. И. Метод расщепления в задачах газовой динамики: монография(Новосибирск: Наука. Сибирское отделение [СО]).
18. Самарский А. А., Вабищевич П. Н. Численные методы решения обратных задач математической физики: [учебное пособие](Москва: Эдиториал УРСС).
19. Косарев В.И. 12 лекций по вычислительной математике ( вводный курс): учеб. пособие для вузов().
20. Шайдуров В.В, Распопов В.Е Разностные методы решения многомерных задач механики сплошной среды: [учеб-метод. материалы к изучению дисциплины для ...02.04.01.01 Математическое и компьютерное моделирование, 02.04.01.02 Вычислительная математика](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. Математические пакеты Mathcad, Matlab.

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

1. Не требуется.

#### **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)**

Компьютерные класс, оборудованный маркерной, интерактивной или меловой доской.