

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

Б1.В.ДВ.02.01 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)

02.04.01.02 Вычислительная математика

Форма обучения

очная

Год набора

2021

Красноярск 2022

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 |
|---|---|
| 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 | |
| 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 |
| Контактная работа с преподавателем: | 1,06 (38) | |
| занятия лекционного типа | 0,53 (19) | |
| практические занятия | 0,53 (19) | |
| Самостоятельная работа обучающихся: | 2,94 (106) | |
| курсовое проектирование (КП) | Нет | |
| курсовая работа (КР) | Нет | |
| Промежуточная аттестация (Экзамен) | 1 (36) | |

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 |
| 1. Описание наиболее употребимых одномерных разностных схем и их обобщение на многомерный случай. | | | | | | | | | |
| | 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 | |
| 2. Исследование свойств разностных методов многомерных задач. | | | | | | | | | |
| | 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 | |
| 3. Экономичные разностные схемы решения многомерных задач. | | | | | | | | |
| 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 | |
| 4. Численные методы решения уравнений газовой динамики. | | | | | | | | |
| 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 | |
| 5. Численные методы решения уравнений Навье-Стокса сжимаемого теплопроводного газа и несжимаемой жидкости. | | | | | | | | |
| 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 | |
| 6. Конечно-разностные методы, метод конечных объемов, метод конечных элементов, метод граничных элементов, метод | | | | | | | | |
| 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 | |
| 7. Методы повышения точности решений. | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--|----|--|----|--|--|--|-----|--|
| 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 | |
| 8. Реализация численных методов в современных математических пакетах Mathcad, Matlab. | | | | | | | | |
| 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., Моулдер 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.