

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан



Л. В. Гензе

« 30 » 06 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

**Современные вычислительные технологии в механике жидкости и газа**

по направлению подготовки

**01.04.01 Математика**

Направленность (профиль) подготовки :

**Математический анализ и моделирование (Mathematical Analysis and Modelling)**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

Год приема

**2022**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.3.ДВ.02.03

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

 А.В. Старченко

Председатель УМК

 Е.А. Тарасов

Томск – 2022

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен формулировать и решать актуальные и значимые проблемы математики.

ПК-1 Способен самостоятельно решать исследовательские задачи в рамках реализации научного (научно-технического, инновационного) проекта.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Формулирует поставленную задачу, пользуется языком предметной области, обоснованно выбирает метод решения задачи.

ИПК 1.1 Проводит исследования, направленные на решение отдельных исследовательских задач

## **2. Задачи освоения дисциплины**

Научиться формулировать математические модели простых физических явлений и выполнять их дискретизацию с помощью методов конечных разностей и конечных объёмов (ИОПК 1.1).

Научиться применять методы математического и численного моделирования для описания однофазных течений в пористых средах и переноса тепла (ИПК 1.1).

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Первый семестр, зачет с оценкой

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 16 ч.

-практические занятия: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Тема 1. Работа с сеточными генераторами при решении задач механики жидкости и газа.

Создание различных типов сеток, определение начальных и граничных условий для разных областей сетки (ИОПК 1.1).

Тема 2. Создание программного кода для задач механики сплошных сред.

Создание компьютерных программ на языке C++, создание и использование классов элементов и узлов расчётной сетки, а также класса самой сетки, обработка и использование данных из файлов созданных в сеточных генераторах (ИОПК 1.1, ИПК 1.1).

Тема 3. Метод конечных разностей.

Построение дискретных аналогов для задачи однофазной фильтрации с помощью метода конечных разностей. Схемы дискретизации по времени (ИОПК 1.1, ИПК 1.1).

Тема 4. Методы решения СЛАУ.

Методы прогонки, верхней релаксации, получение и анализ результатов (ИОПК 1.1).

Тема 5. Метод конечных объёмов.

Построение дискретных аналогов для задач теплопроводности и однофазной фильтрации с помощью метода конечных объёмов. Программная реализация, получение и анализ результатов (ИОПК 1.1, ИПК 1.1).

## 9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проверки компьютерных программ, написанных студентами, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. При проверке программ оценивается эффективность использования классов и корректность обработки данных расчётных сеток (ИОПК 1.1), а также навыки проведения расчётов и анализа результатов при решении исследовательских задач (ИПК 1.1).

## 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачёт в Шестом семестре проводится в устной форме по вопросам. Продолжительность зачёта 0.5 часа.

Примерный перечень вопросов:

1. Что понимается под классами в объектно-ориентированном программировании?
2. Что представляют собой члены класса?
3. Что представляют собой методы класса?
4. Какие основные типы данных используются в языке C++?
5. Перечислите операторы, используемые в языке C++ для организации циклов.
6. Назовите операторы, используемые в языке C++ для работы с файлами данных.
7. Объясните для чего используются ключевые слова `public`, `private`.
8. Объясните как на языке C++ объявить массив объектов какого-то класса.
9. Назовите операторы, используемые в языке C++ для считывания строки, слова из файла.
10. Объясните как в программе нужно обращаться к переменным-членам класса.
11. Дайте определение понятию дискретизации.
12. Что представляет собой дискретный аналог уравнения в частных производных?
13. Как определяется порядок аппроксимации расчётных схем?
14. Что лежит в основе метода конечных разностей?
15. Как определяется конечно-разностная производная первого порядка?
16. Опишите построение конечно-разностной производной второго порядка.
17. Назовите три основных схемы, используемых для дискретизации по времени.
18. В чем заключаются достоинства и недостатки явной схемы?
19. Назовите преимущества использования полностью неявной схемы для дискретизации по времени.
20. В чём заключается основная идея метода конечных объёмов?

Вопросы 1-10 позволяют оценить навыки студентов при программировании на языке C++ (ИОПК 1.1). Вопросы 11-20 помогают увидеть знания и понимание студентов в области проведения расчётов для исследовательских задач и анализа полученных результатов (ИПК 1.1).

Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» ставится в том случае, если студент демонстрирует сформированные, систематические знания основных понятий и задач вычислительного практикума, возможно содержащие отдельные пробелы.

Оценка «не зачтено» ставится в том случае, если студент демонстрирует частные, фрагментарные, неструктурированные знания основных понятий и задач вычислительного практикума, либо знания полностью отсутствуют.

### **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=31857>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План практических занятий по дисциплине.

### **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

1. Alfio Quarteroni. Numerical Models for Differential Problems. Springer, 2014, 658 pp.  
2. Thomas H. Pulliam, David W. Zingg. Fundamental Algorithms in Computational Fluid Dynamics. Springer, 2014, 211 pp.

3. Wanai Li. Efficient Implementation of High-Order Accurate Numerical Methods on Unstructured Grids. Springer, 2014, 148 pp.

б) дополнительная литература:

1. Numerical Analysis of Heat and Mass Transfer in Porous Media / edited by J.M.P.Q. Delgado, Antonio G. B. Lima, Marta V. Silva. Springer, 2012, 316 pp.

2. Peter J. Olver. Introduction to Partial Differential Equations. Springer, 2014, 635 pp.

3. Elena M. Vázquez-Cendón. Solving Hyperbolic Equations with Finite Volume Methods electronic resource. Springer, 2015, 188 pp.

в) ресурсы сети Интернет:

– <http://e-science.sources.ru/> – портал естественных наук

– <http://www.coursera.org/> – сайт обучающих курсов ведущих вузов мира

– <https://ocw.mit.edu/index.htm> – сайт открытых онлайн-курсов

– <http://journals.tsu.ru/mathematics/> – сайт журнала «Вестник Томского государственного университета. Математика и механика»

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

• операционные системы: Microsoft Windows 7

• средства разработки приложений и СУБД: Microsoft Visual Studio 2015

• пакеты математической и графической обработки данных: Golden Software Grapher, Golden Software Surfer

• пакеты для решения задач вычислительной гидродинамики: Gmsh

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

#### **14. Материально-техническое обеспечение**

Интерактивный набор (доска Smart с проектором, экран и проектор EPSON)

13 Компьютеров

#### **15. Информация о разработчиках**

Диль Денис Олегович, к.ф.-м.н., кафедра теоретической механики, доцент