

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

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан ММФ
Л.В. Гензе

Рабочая программа дисциплины

Математическое моделирование в механике жидкости и газа

по направлению подготовки

01.03.03 Механика и математическое моделирование

Направленность (профиль) подготовки:
**«Основы научно-исследовательской деятельности в области механики и
математического моделирования»**

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2023

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
Л.В. Гензе

Председатель УМК
Е.А. Тарасов

Томск – 2023

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- ОПК 4 – способность использовать и создавать эффективные программные средства для решения задач механики;
- ПК 1 – способность самостоятельно решать исследовательские задачи в рамках реализации научного (научно-технического, инновационного) проекта;

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

- ИОПК 4.1 – владеет навыками разработки и совершенствования программ для реализации физических и математических моделей при решении задач механики;
- ИОПК 4.2 – умеет проводить качественный и количественный анализ полученного решения с целью построения оптимального варианта;
- ИПК 1.1 – способен проводить исследования, направленные на решение отдельных исследовательских задач;
- ИПК 1.2 – умеет определять способы практического использования научных (научно-технических) результатов;
- ИПК 1.3 – способен осуществлять наставничество в процессе проведения исследований.

2. Задачи освоения дисциплины

– Научиться формулировать математическую постановку задачи естественной конвекции в естественных переменных: скорость, давление; и преобразованных переменных: функция тока завихренность.

– Научиться применять метод конечных разностей для решения задач гидродинамики.

– Научиться применять метод контрольного объема к решению задач теплообмена в замкнутых двумерных областях.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (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

Седьмой 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.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: численные методы, численные методы МСС, математический анализ, теоретическая механика, дифференциальные уравнения.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 142 часов, из которых:

- лекции: 32 ч.;
- практические занятия: 32 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Уравнения естественной конвекции

Вывод уравнений неразрывности, движения и энергии. Законы сохранения массы, количества движения и энергии.

Тема 2. Начальные и граничные условия.

Граничные условия для скорости. Граничные условия первого, второго и третьего рода. Смешанное граничное условие.

Тема 3. Уравнения естественной конвекции в преобразованных переменных.

Преобразованные переменные «функция тока – завихренность». Дифференциальные уравнения и краевые условия.

Тема 4. Применения метода конечных разностей к решению уравнений гидродинамики и теплопереноса в преобразованных переменных.

Аппроксимация уравнений центральными разностями. Локально-одномерная схема Самарского. Метод прогонки. Метод последовательной верхней релаксации.

Тема 5. Метод контрольного объема.

Применение метода контрольного объема к решению уравнений гидродинамики и теплопереноса в физических переменных. Построение сетки для компонент вектора скорости, температуры и давления. Аппроксимация производных и интегралов. Метод переменных направлений.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине осуществляется путем контроля посещений занятий, контроля за выполнением индивидуального задания, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет с оценкой в седьмом семестре проводится в виде защиты отчета по индивидуальному заданию с ответами на дополнительные вопросы. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Примерная формулировка индивидуального задания

Написать программу моделирования течения вязкой, несжимаемой Ньютонической жидкости с использованием переменных функция тока и завихренность для исследуемой области. Провести численное моделирование течения и построить линии тока, поля вектора скорости и завихренности. Проанализировать влияние сил инерции и фактора нестационарности. Дать объяснение полученным физическим результатам.

Пример исследуемой области:

1. Изотермическая задача. Прямоугольный канал размером $2L \times L$, скорость во входном сечении равна v_0 .
2. Изотермическая задача. Движение жидкости в замкнутой квадратной области с движущейся стенкой. Скорость движения стенки постоянна $v = v_c$ и направлена вдоль границы.

3. Задача естественной конвекции в прямоугольной области $L \times H$. Вертикальные стенки изотермические и имеют постоянные температуры T_H и T_C , соответственно, причем $T_H > T_C$. Остальные стенки теплоизолированы.

Результаты зачета с оценкой определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=33774>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (<https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>).

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.

– Андреев В.К. Современные математические модели конвекции / В.К. Андреев [и др.]. – М.: Физматлит, 2008. – 368 с.

– Джалурия Й. Естественная конвекция: Тепло- и массообмен / Й. Джалурия – М.: Мир, 1983. – 400 с.

– Соковишин Ю.А. Введение в теорию свободно-конвективного теплообмена / Ю.А. Соковишин, О.Г. Мартыненко. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. – 224 с.

– Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: учебник для вузов / Ф.Ф. Цветков, Б.А. Григорьев. – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 562 с.

– Шеремет М.А. Сопряженные задачи естественной конвекции замкнутые области с локальными источниками тепловыделения / М.А. Шеремет. – Берлин: LAMBERT, 2011. – 176 с.

б) дополнительная литература:

– Гебхарт Б., Джалурия Й., Махаджан Р., Саммакия Б. Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен / Б. Гебхарт, Й. Джалурия, Р. Махаджан, Б. Саммакия. – М.: Мир, 1991. – Т. 1. – 678 с.

– Гетлинг А. Конвекция Рэлея–Бенара. Структура и динамика / А. Гетлинг. М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 248 с.

– Shenoy A. Convective flow and heat transfer from wavy surfaces: viscous fluids, porous media and nanofluids / A. Shenoy, M. Sheremet, I. Pop. – Boca Raton: CRC Press; 2016. – 306 p.

– Ландау Л.Д. Теоретическая физика: т.6 Гидродинамика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука, 1986. – 736 с.

– Bejan A. Convection heat transfer / A. Bejan. – New Jersey: Wiley, 2013. – 658 p.

в) ресурсы сети Интернет:

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

– <https://flowvision.ru/> – сайт российского разработчика программных комплексов вычислительной гидродинамики

– <http://www.study.com/> – сайт с обучающими предметными видеоматериалами

– <http://www.openedu.ru/> – сайт обучающих курсов ведущих вузов России

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

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

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/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

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

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

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

14. Материально-техническое обеспечение

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Бондарева Надежда Сергеевна, к.ф.-м.н., механико-математический факультет, доцент кафедры теоретической механики