

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

**Спецсеминар по механике**

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

**2022**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.3.ДВ.01.01

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП



Л. В. Гензе

Председатель УМК



Е. А. Тарасов

Томск – 2022

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

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-4 Способен проводить под научным руководством исследование на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности.

ПК-1 Способен проводить научно-исследовательские разработки по отдельным разделам выбранной темы.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 4.1 Проводит поиск и обработку научной и научно-технической информации, необходимой для решения исследовательских задач

ИОПК 4.2 Оценивает полученные результаты и формулирует выводы по итогам проведенных исследований

ИПК 1.1 Проводит работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований

ИПК 1.2 Подготавливает планы и программы проведения отдельных этапов научно-исследовательской работы

ИПК 1.3 Проводит отдельные этапы научно-исследовательской работы

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– **получение знаний** о назначении и возможностях открытой интегрируемой платформы OpenFOAM; о принципах решения задач механики жидкости и газа, а также о возможностях CAE и CAD - систем.

– **приобретение умений** самостоятельно определять цели математического моделирования и правильно ставить задачи; использовать инструментарий открытой интегрируемой платформы OpenFOAM и CAD – систем.

– **выработка навыков** работы с открытой интегрируемой платформой OpenFOAM и с CAD – системами при выполнении математического моделирования задач механики жидкости и газа; применения этих знаний для дальнейшей научной работы.

## **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**

Восьмой семестр, зачет

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

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: ... .

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часов, из которых:

-лекции: 32 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

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

Тема 1. Основы теплообмена

Краткое содержание темы:

Основные понятия и определения теплообмена. Уравнение теплопроводности. Естественная конвекция. Тепловое излучение.

Тема 2. Знакомство с открытой интегрируемой платформой OpenFOAM

Краткое содержание темы:

История создания открытого пакета OpenFOAM. Основные возможности. Справочная информация по пакету.

Тема 3. Решение нестационарной трехмерной задачи теплопроводности

Краткое содержание темы:

Создание геометрии с помощью утилиты blockmesh. Выбор способа решения уравнения теплопроводности. Задание граничных условий. Запуск решателя laplacianfoam. Анализ полученных результатов.

Тема 4. Визуализация полученных результатов в графическом пакете ParaView

Краткое содержание темы:

Знакомство с графическим пакетом ParaView. Построение графиков и изотерм. Создание анимационных роликов в ParaView.

Тема 5. Проведение параллельных расчетов в OpenFOAM

Краткое содержание темы:

Возможность проведения параллельных расчетов в OpenFOAM средствами MPI. Декомпозиция исходной области решения. Формирование исполняемого файла decomposeParDict. Запуск решателя в параллельном режиме.

Тема 6. Создание геометрии в пакете Salome

Краткое содержание темы:

Знакомство с открытым пакетом Salome. Построение геометрии «сверху-вниз». Построение геометрии «снизу-вверх».

Тема 7. Построение расчетной сетки

Краткое содержание темы:

Построение расчетной сетки средствами OpenFOAM. Построение расчетной сетки с использованием пакета Salome. Сгущение расчетной сетки, пограничный слой. Экспорт сетки в OpenFOAM.

Тема 8. Некоторые прикладные задачи теплообмена

Краткое содержание темы:

Построение геометрии и расчетной сетки с использованием пакета Salome. Решение задачи в пакете OpenFOAM. Визуализация полученных данных в графическом пакете ParaView. Анализ полученных результатов.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости и выполнения индивидуальных заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

## 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в восьмом семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит теоретический вопрос и задачу. Продолжительность зачета 2 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Структура и основные возможности открытого пакета OpenFOAM.
2. Стандартные решатели в OpenFOAM.
3. Алгоритмы PISO и SIMPLE.
4. Генерация сетки с помощью blockMesh.
5. Генерация сетки с помощью snappyHexMesh.
6. Утилиты для построения структурированной сетки в OpenFOAM.
7. Экспорт геометрии в расчетный модуль.
8. Постпроцессор ParaView.
9. Моделирование турбулентных течений в пакете OpenFOAM.
10. Параллельные расчеты на базе пакета OpenFOAM.
11. Моделирование лучистого теплообмена в OpenFOAM.
12. Виды граничных условий.

Студенту дается формулировка задачи, связанная с определением характеристик течения жидкости (газа). Студент должен:

1. Сформулировать краевую задачу:
  - Определить физические процессы, которые требуют расчета, и необходимые данные.
  - Определить размерность задачи (двумерная, трехмерная).
  - Сформулировать уравнения и условия однозначности.
2. Выполнить решение краевой задачи в пакете OpenFOAM:
  - Определить типовую задачу из библиотеки OpenFOAM, соответствующую решаемой.
  - Отредактировать файлы конфигурации типовой задачи, описывающие: геометрию расчетной области, граничные условия, численные методы решения и пр.
  - Выполнить расчет.
  - Выполнить визуализацию и анализ результатов.
3. Сформулировать результаты решения.

Пример задачи:

1. Рассмотреть тепломассообмен за счет механизмов естественной конвекции в замкнутой кубической полости с локальным источником тепловыделения (Рис. 1). Размер всей области 20x20x20 см, размер тепловыделяющего элемента 4x4x4 см. Температура тепловыделяющего элемента постоянна и равна  $T_{hs} = 320^\circ K$ , на двух вертикальных стенках, расположенных друг напротив друга, поддерживается постоянная температура  $T_c = 300^\circ K$ . На оставшихся стенках задается условие теплоизоляции. Внутри полости находится воздух, который считается вязкой ньютоновской жидкостью, удовлетворяющей приближению Буссинеска. В качестве граничных условий для скорости задаются условия прилипания.

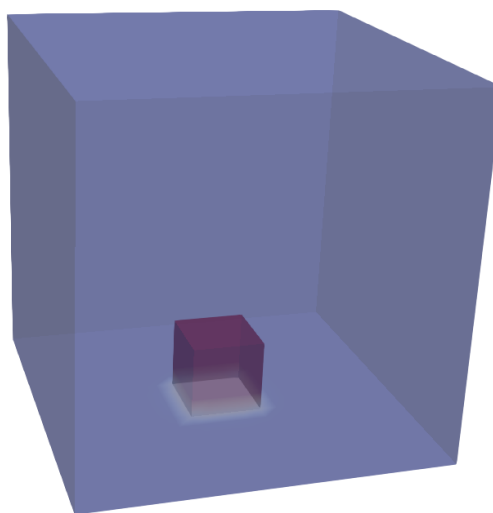


Рисунок 1 – Область решения рассматриваемой задачи

Допуск студентов к зачету осуществляется только при условии успешного выполнения индивидуальных заданий.

Результаты зачета оцениваются («зачтено» или «не зачтено») и заносятся в аттестационную ведомость и зачетную книжку. При определении оценки учитываются:

- полнота и содержательность ответа;
- умение привести примеры;
- умение отстаивать свою позицию на основании положений нормативно-правовых актов;
- умение пользоваться дополнительной литературой при подготовке к занятиям;
- соответствие представленной в ответах информации материалам лекций и учебной литературы, сведениям из информационных ресурсов Интернет.

Ответы на вопросы к зачету оцениваются по следующим критериям:

Оценка «зачтено». Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Делаются обоснованные выводы. Соблюдаются нормы литературной речи. Верно решена практическая задача.

Оценка «не зачтено». Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по дисциплине. Имеются заметные нарушения норм литературной речи. Практическая задача решена неверно.

## 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» -<https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=6367>

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

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Панкратов И.А. Математическое моделирование реальных процессов в пакете OPENFOAM. – Саратов: Издательство «Саратовский источник», 2019. – 61 с.

– Карабцев С. Н. Современные компьютерные технологии. Часть I. Геометрическое моделирование в SALOME.– Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2020. – 148 с.

– Мусин А.А., Валиуллина В.И., Минаева М.И. Моделирование в программном пакете OpenFOAM. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2020. – 27 с.

- б) дополнительная литература:
- Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. 2-е изд., испр. - М.: Физматлит, 2002. 320 с.
  - Ковеня В.М., Чирков Д.В. Методы конечных разностей и конечных объемов для решения задач математической физики. – Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2013. – 87 с.

- в) ресурсы сети Интернет:
- Сайт открытого пакета OpenFOAM – <https://www.openfoam.com/>
  - Графический пакет ParaView – <https://www.paraview.org/>
  - Журнал «Вестник Томского государственного университета. Математика и механика» – <http://journals.tsu.ru/mathematics/>

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

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
- OpenFOAM v10, Salome 9.9.0 : пакеты программ.
  - 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**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа с проектором.  
Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.  
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**

Мирошниченко Игорь Валерьевич, к.ф.-м.н., доцент, кафедра теоретической механики механико-математического факультета ТГУ, доцент