

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

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Л.В. Гензе

Рабочая программа дисциплины

Конвективный теплообмен

по направлению подготовки / специальности

01.03.03 Механика и математическое моделирование

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:
Теоретическая, вычислительная и экспериментальная механика

Форма обучения

Очная

Квалификация

Механик / Механик. Исследователь

Год приема

2024, 2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

Л.В. Гензе

Председатель УМК

Е.А. Тарасов

Томск – 2024

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических наук и механики в профессиональной деятельности.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-1.1 Знает типовые постановки задач математики и механики, классические методы решения, теоретические основы методов и границы их применимости

РООПК-1.2 Способен адаптировать известные математические методы для решения поставленной задачи в области математики и механики

РООПК-1.3 Способен провести решение поставленной задачи в области математики и механики с использованием полученных фундаментальных знаний и получить результат

2. Задачи освоения дисциплины

- Ознакомить студентов с методами анализа и общими закономерностями конвективного теплообмена.

- Ознакомить студентов с постановками классических задач конвективного теплообмена, включающими приближения Обербека–Буссинеска и пограничного слоя, а также двумерный и осесимметричный факелы.

- Освоить основные подходы и методы моделирования конвективного теплообмена.

- Научиться применять различные численные методы для решения краевых задач конвективного теплообмена.

- Формирование у студентов навыков критического анализа задач конвективного теплообмена с точки зрения возможной декомпозиции и обоснованного пренебрежения несущественными гидродинамическими эффектами и механизмами теплообмена.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

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

Седьмой семестр, зачет

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: дифференциальные уравнения, уравнение математической физики, механика сплошных сред, основы теплообмена.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 32 ч.

-практические занятия: 32 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Определяющие процесс конвективного теплопереноса уравнения. Преобразованные переменные.

В рамках этой темы будут рассмотрены законы сохранения; режимы конвективного теплопереноса; основные закономерности, иллюстрирующие особенности различных режимов конвективного теплопереноса; основные дифференциальные уравнения, описывающие рассматриваемые процессы.

Тема 2. Параметры подобия в случае конвективного переноса массы, импульса и энергии.

В рамках этой темы будут рассмотрены безразмерные комплексы, позволяющие описывать транспортные процессы конвективного тепломассопереноса.

Тема 3. Приближение Буссинеска и приближение пограничного слоя.

В рамках этой темы будут рассмотрены приближения Обербека–Буссинеска и пограничного слоя; случаи использования этих приближений; определяющие уравнения, сформулированные в рамках этих приближений.

Тема 4. Виды граничных условий.

В рамках этой темы будут рассмотрены виды граничных условий применительно к задачам конвективного тепломассопереноса.

Тема 5. Естественная конвекция при наличии свободной границы. Двумерный факел. Осесимметричный факел.

В рамках этой темы будут рассмотрены задачи конвективного тепломассопереноса при наличии свободных границ применительно к вопросам фазовых превращений или течений со свободными границами. Отдельно будут представлены аналитические решения краевых задач, описывающих двумерный и осесимметричный факелы.

Тема 6. Следы, образованные естественной конвекцией.

В рамках этой темы будут рассмотрены особенности развития тепловых и гидродинамических эффектов, обусловленных наличием источников тепла и массы.

Тема 7. Взаимодействие течений. Течение над сосредоточенным источником энергии.

В рамках этой темы будут рассмотрены особенности взаимодействия конвективных течений в результате функционирования нескольких источников энергии. Отдельно будет представлено аналитическое решение краевой задачи, описывающей течение над сосредоточенным источником энергии.

Тема 8. Ламинарно-турбулентный переход. Турбулентные течения.

В рамках этой темы будут рассмотрены особенности ламинарно-турбулентного перехода; условия для формирования турбулентных режимов конвективного течения и теплопереноса; уравнения, описывающие турбулентные режимы конвективного тепломассопереноса.

Тема 9. Методы подобия и некоторые обобщения при изучении течений пограничного слоя.

В рамках этой темы будут рассмотрены особенности применения метода переменной подобия, а также подхода для изучения решений, не являющихся подобными, которые обычно используются в качестве асимптотических решений и могут быть полезны при наличии предельных решений.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных и выполнения индивидуальных работ, выполнения домашних заданий, 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 в седьмом семестре проводится в письменной форме. Для получения зачета студенты должны выполнить индивидуальные задания и ответить на теоретические вопросы. Продолжительность зачета 1 час.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Определяющие процесс конвективного теплопереноса уравнения. Преобразованные переменные.
2. Параметры подобия в случае конвективного переноса массы, импульса и энергии.
3. Приближение Буссинеска.
4. Приближение пограничного слоя.
5. Виды граничных условий.
6. Естественная конвекция при наличии свободной границы. Двумерный факел.
7. Естественная конвекция при наличии свободной границы. Осесимметричный факел.
8. Следы, образованные естественной конвекцией.
9. Взаимодействие течений. Течение над сосредоточенным источником энергии.
10. Ламинарно-турбулентный переход. Турбулентные течения.
11. Метод переменной подобия.
12. Подходы для изучения решений, не являющихся подобными.

Примеры индивидуальных заданий:

1. Задача 1.

Провести аналитическое решение задачи конвективного теплопереноса вблизи изотермической вертикальной пластины с учетом теплового излучения с использованием приближений Буссинеска и пограничного слоя.

2. Задача 2.

Провести численное решение задачи естественной конвекции в замкнутой вертикальной полости при наличии тепловыделяющего источника энергии.

В процессе выполнения индивидуальных заданий и представления полученных результатов оценивается полнота и точность ответа, логичность и аргументированность изложения материала, умение использовать в ответе фактический материал.

Результаты выполнения индивидуальных заданий: «зачет», «незачет».

«Зачет»:

В целом выполнение заданий и защита результатов проведены корректно, но материал изложен поверхностно и с некоторыми нарушениями логики изложения.

«Незачет»:

Выполнение заданий и защита результатов представлены очень поверхностно и с нарушением логики изложения. Студент очень плохо владеет основными моделями и концепциями, заложенными в индивидуальные задания. Допущены существенные терминологические и фактические ошибки.

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 «IDo» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=37886>

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

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

- Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.
- Андреев В.К., Гапоненко Ю.А., Гончарова О.Н., Пухначев В.В. Современные математические модели конвекции. – М.: Физматлит, 2008. – 368 с.
- Джалурия Й. Естественная конвекция: Тепло- и массообмен. – М.: Мир, 1983. – 400 с.
- Соковишин Ю.А., Мартыненко О.Г. Введение в теорию свободно-конвективного теплообмена. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. – 224 с.
- Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 562 с.
- Шеремет М.А. Сопряженные задачи естественной конвекции замкнутые области с локальными источниками тепловыделения. – Берлин: LAMBERT, 2011. – 176 с.

б) дополнительная литература:

- Гебхарт Б., Джалурия Й., Махаджан Р., Саммакия Б. Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен. – М.: Мир, 1991. – Т. 1. – 678 с.
- Гебхарт Б., Джалурия Й., Махаджан Р., Саммакия Б. Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен. – М.: Мир, 1991. – Т. 2. – 528 с.
- Гетлинг А. Конвекция Рэлея–Бенара. Структура и динамика. М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 248 с.
- Shenoy A., Sheremet M., Pop I. Convective flow and heat transfer from wavy surfaces: viscous fluids, porous media and nanofluids. – Boca Raton: CRC Press; 2016. – 306 p.
- Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: т.6 Гидродинамика.– М.: Наука, 1986. – 736 с.
- Bejan A. Convection heat transfer. – New Jersey: Wiley, 2013. – 658 p.

в) ресурсы сети Интернет:

- открытые онлайн-курсы
- «Вестник Томского государственного университета. Математика и механика» <http://journals.tsu.ru/mathematics/>
- «Известия вузов. Физика» <http://journals.tsu.ru/physics/>

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

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

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

Шеремет Михаил Александрович, д.ф.-м.н., профессор, кафедра теоретической механики, заведующий кафедрой