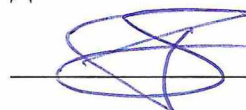


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан



Л. В. Гензе

« 20 » 06 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Основы теплопереноса

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.3.04

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:

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

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

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

– Получить навыки работы с учебной и научной литературой для решения прикладных и фундаментальных задач в области конвективного теплопереноса в жидкостях и газах.

– Развить способности в корректной постановке задач с использованием основных положений теории конвективного теплопереноса.

– Сформировать навыки критического анализа результатов собственной деятельности и оценки их применимости.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

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: численные методы, численные методы МСС, математический анализ, теоретическая механика, дифференциальные уравнения.

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. Основные понятия.

Виды теплообмена. Понятие конвекции и виды конвективного теплопереноса.

Тема 2. Основные уравнения естественной конвекции.

Вывод уравнения сохранения массы. Вывод уравнения сохранения количества движения. Вывод уравнения энергии. Уравнения естественной конвекции в

преобразованных переменных функция тока и завихренность. Калибровка функции тока. Преобразованные переменные функция тока и завихренность. Преобразование уравнений естественной конвекции. Приближение Буссинеска.

Тема 3. Приближение пограничного слоя.

Тема 4. Параметры подобия в случае конвективного переноса массы, импульса и энергии.

Безразмерные числа Рэлея, Прандтля, Рейнольдса, и др. Критериальные зависимости теплоотдачи. Число Нуссельта

Тема 5. Метод переменной подобия

Тема 6. Задачи конвекции

Виды граничных условий. Источники и стоки. Взаимодействие пограничного слоя с внешним течением. Естественная конвекция при наличии свободной границы. Взаимодействие течений. Течение над сосредоточенный источником энергии. Ламинарно-турбулентный переход. Турбулентные течения.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения тестов по лекционному материалу, выполнения домашних 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 два теоретических вопроса. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Режимы теплопереноса (конвекция, теплопроводность, излучение).
2. Режимы конвективного теплопереноса (естественная, вынужденная и смешанная конвекции).
3. Определение естественной конвекции. Примеры, особенности.
4. Определение вынужденной конвекции. Примеры, особенности
5. Определение смешанной конвекции. Примеры, особенности
6. Теплоотдача от вертикальной поверхности (физика процесса, локальное и среднее числа Нуссельта).
7. Основные отличия естественной конвекции от вынужденной (профили скорости и температуры).
8. Записать систему дифференциальных уравнений, описывающую конвективный теплоперенос в поле действия массовых сил (ламинарное течение несжимаемой среды, внутренних источников нет, диссипацией энергии и работой сил давления пренебрегаем).
9. Преобразование слагаемого вида $\rho \mathbf{g}$ в уравнении движения в случае естественной конвекции.
10. Сформулировать приближение Буссинеска.
11. Основные уравнения естественной конвекции в приближении Буссинеска для жидкости с постоянными физическими свойствами при наличии внутренних источников тепла и с учетом работы сил давления и диссипации энергии.
12. Сформулировать приближение пограничного слоя в случае естественной конвекции.

Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «незачтено»:

«Зачтено»: Выполнены тестовые задания по двум разделам, студент дает развернутый ответ на вопросы, правильно и логически структурировано излагает материал.

«Незачтено»: Не выполнены тестовые задания по разделам. Студент испытывает затруднения при ответе на большинство заданных вопросов, путается в терминах.

Типовые задания для проведения тестирования в рамках промежуточной аттестации по дисциплине «Основы теплопереноса».

1. Законы сохранения:
 - Массы, импульса, энергии
 - Плотности, импульса, энергии
 - Плотности, объема, энергии
 - Массы, объема, энергии
2. Основные режимы теплопереноса:
 - Теплопроводность, температуропроводность, конвекция
 - Температуропроводность, диффузия, конвекция
 - Теплопроводность, конвекция, излучение
 - Температуропроводность, диффузия, излучение
3. Определение конвекции:
 - процесс передачи тепла связанный с движением среды
 - процесс передачи тепла связанный с разностью температуры в среде
 - процесс передачи тепла связанный со способностью среды аккумулировать тепловую энергию
 - процесс передачи тепла связанный с термодиффузией
4. Типы конвекции:
 - Естественная, тепловая, смешанная
 - Вынужденная, тепловая, обратная
 - Естественная, вынужденная, смешанная
 - Вынужденная, обратная, смешанная
5. Примеры естественной конвекции:
 - Тепловые потоки в закрытой комнате с радиатором
 - Тепловые потоки в открытой комнате со сквозняком
 - Тепловые потоки в закрытой комнате с тепловентилятором
 - Тепловые потоки в открытой комнате со сквозняком с радиатором
6. Примеры вынужденной конвекции:
 - Тепловые потоки в закрытой комнате с радиатором
 - Тепловые потоки в проветриваемой комнате
 - Тепловые потоки в закрытой комнате с тепловентилятором
 - Тепловые потоки в открытой комнате с радиатором
7. Примеры смешанной конвекции:
 - Тепловые потоки в закрытой комнате с радиатором
 - Тепловые потоки в проветриваемой комнате
 - Тепловые потоки в закрытой комнате с тепловентилятором
 - Тепловые потоки в открытой комнате с радиатором
8. Понятие пограничного слоя:
 - Тонкий слой в пристеночной области обтекаемого тела
 - Слой на поверхности тела в покоящейся среде
 - Тонкий слой на поверхности всех тел
 - Магнитное поле вблизи движущихся тел
9. Вязкость жидкости/газа:

- Свойство текучего тела, характеризующее сопротивление перемещению текучей среды и тел внутри нее
- Свойство твердого тела, движущегося в жидкой среде
- Соотношение свойств обтекаемого тела и текучей среды
- Способность жидкости/газа переносить твердые тела

10. Понятие турбулентной конвекции

- конвективное течение в трубах с высокой скоростью
- конвективное течение со значительным перемешиванием соседних слоев имеющее нерегулярный характер
- конвективное течение жидкости или газа с высокими значениями вязкости
- конвективное течение жидкости или газа с низкими значениями вязкости

11. Что из нижеперечисленного не является примером турбулентной конвекции:

- Обтекание больших строений и зданий
- Течение в микроканалах
- Движение воздуха за крылом летящего самолета
- Дым

12. В каком случае возникает тепловой факел:

- При горении свечи в поле сил земного притяжения
- При нагревании области сверху
- При движении изотермической жидкости вверх
- При движении изотермической жидкости вниз

13. Какой из пунктов не является граничным условием для температуры:

- Задание постоянной температуры на границе
- Задание теплового потока и начальной температуры на границе
- Задание теплопроводностей материалов на границе
- Задание зависимости температуры на границе от времени

14. Одномерное уравнение теплопроводности:

- $q = \lambda \Delta T$
- $q = -\lambda \Delta T$
- $q = \lambda^2 \Delta T$
- $q = -\lambda^2 \Delta T$

15. Как влияет расположение нагревающего элемента на теплоперенос в замкнутой области (горизонтальные стенки – адиабатические, вертикальные – охлаждающие изотермические):

- расположение нагревателя не влияет на теплоперенос
- расположение нагревателя в центре нижней стенки полости соответствует ее максимальному прогреву
- расположение нагревателя вблизи левой охлаждающей стенки соответствует ее максимальному нагреву
- расположение нагревателя вблизи правой охлаждающей стенки соответствует ее максимальному нагреву
- расположение нагревателя вблизи правой/левой охлаждающей стенки соответствует ее минимальному нагреву

16. Какой вид теплопереноса преобладает в комнате, обогреваемой от батареи/ ИК-обогревателя:

- Конвекция
- Теплопроводность
- Диффузия
- Излучение

17. Вследствие чего возникает естественная конвекция:

- Вследствие электро-магнитных сил
- Вследствие разности плотностей
- Вследствие приложенных внешних сил
- Вследствие излучения

18. Что из нижеперечисленного является безразмерным критерием подобия физических процессов и характеризует интенсивность конвективного теплообмена:

- Число Прандтля
- Коэффициент температуропроводности
- Число Фурье
- Число Рэлея

11. Учебно-методическое обеспечение-

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=9667>

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 / 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.ansys.com/> – сайт 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 On-eNote, 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

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