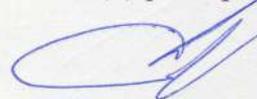


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук
(ИПМех РАН)

«Утверждаю»
Директор ИПМех РАН
д.ф.-м.н.
С.Е. Якуш



«28» сентября 2018 г.

Рабочая программа учебной дисциплины (РПУД)
«Теория теплообмена»

Направление подготовки 01.06.01 Математика и механика
Специальность 01.02.05 Механика жидкости, газа и плазмы

Форма подготовки (очная)
Отдел аспирантуры ИПМех РАН

Всего 108 часов, всего зачетных единиц – 3
Аудиторных часов – 36, в том числе:
лекций – 36 часов
Самостоятельная работа – 72 часа

Рабочая программа составлена в соответствии с Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) от 30 июля 2014 г. № 866 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации)".

Составитель: зам. директора, д.ф.-м.н. Якуш С.Е.

Заведующий отделом аспирантуры: Щелчкова И.Н.

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Теория тепломассообмена» предназначена для аспирантов, обучающихся по специальности 01.02.05 Механика жидкости, газа и плазмы, и входит в вариативную часть учебного плана.

При разработке рабочей программы учебной дисциплины использованы Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика, учебный план подготовки аспирантов по специальности 01.02.05 Механика жидкости, газа и плазмы.

Цель - формирование расширенных представлений в области механики жидкости и газа.

Задачи:

1. Исследовать процессы передачи энергии и массы в различных формах;
2. Изучить уравнения, описывающие процессы передачи тепла за счет конвективного, кондуктивного и радиационного механизмов, массообмен при диффузии и фазовых переходах;
3. Рассмотреть постановки и схемы решения задач механики жидкости и газа при наличии процессов тепломассообмена.

Компетенции выпускника, формируемые в результате изучения дисциплины

Универсальные компетенции:

УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

УК -3 Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.

Общепрофессиональные компетенции:

ОПК - 1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

ОПК - 2 Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования.

Профессиональные компетенции:

ПК – 7 Умение использовать системный подход к исследованию технических систем и выработке стратегии научной деятельности в процессе реализации научных и технологических инноваций;

ПК - 8 Способность использовать знания в области математики и механики для дальнейшего освоения дисциплин в соответствии с профилем подготовки;

ПК - 15 Способность овладевать новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований процессов горения; планировать и проводить эксперименты; интерпретировать экспериментальные данные; обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов;

ПК - 16 Способность самостоятельно выполнять научные исследования в области механики жидкости и газа, используя соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии, с целью установления законов теплообмена твердых тел, жидкостях и газах, расчета критических условий и характеристик теплового излучения, газодинамических явлений, сопровождающих процессы теплообмена;

ПК - 17 Способность самостоятельно применять методы механики и вычислительной математики, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования к постановке и решению задач механики жидкости и газа при наличии тепломассообмена.

Требования к уровню усвоения содержания дисциплины.

Аспиранты должны приобрести следующие знания и умения:

знать:

- методы реализации научно-исследовательской деятельности в области математики и механики, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий;

- научные основы и закономерности механических явлений, применяемые для изучения процессов тепломассообмена в твердых телах, жидкостях и газах;

- научные основы и закономерности термогазодинамических явлений, применяемые при постановке и решении математических задач теории тепломассообмена;

- современные методы экспериментальной механики жидкости и газа для систем с фазовыми переходами и неизотермических систем, методы планирования экспериментов и обработки экспериментальных данных;

уметь:

- планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

- использовать базовый физико-математический аппарат, вычислительные методы и методы компьютерного моделирования для выявления новых закономерностей тепломассообмена в различных конфигурациях и режимах течения;

- делать качественные оценки с применением критериального подхода для определения условий теплопередачи и массообмена в механике жидкости и газа;

- использовать свои знания для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач, включающих процессы тепломассообмена;

- иметь представление о применении теоретических моделей тепломассообмена для анализа технических систем;

владеть:

- навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации; выбора методов и средств решения задач исследования, навыками работы с вычислительной техникой;

- современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, компьютерными технологиями, применяемыми в области механики жидкости и газа при наличии процессов тепломассообмена;

- современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, теоретическими, расчетными и экспериментальными методами исследований, применяемыми для прогноза поведения сложных термогазодинамических систем при наличии тепломассообмена;

- современными методами экспериментальных исследований в области механики жидкости и газа, методами обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (36 час.)

Теплопроводность (12 час.)

Тема 1. Основные понятия (2 час.)

Закон теплопроводности Фурье. Теплопроводность (коэффициент теплопроводности), его зависимость от вида среды и ее состояния.

Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности.

Тема 2. Классические решения задачи теплопроводности (4 час.)

Решение задач стационарной теплопроводности для пластины и полого цилиндра при граничных условиях первого и третьего рода. Теплопроводность через многослойные системы. Эквивалентный коэффициент теплопроводности. Термические сопротивления, коэффициенты теплопередачи. Линейная плотность теплового потока. Критический диаметр цилиндрической стенки.

Тема 3. Нестационарная теплопроводность (4 час.)

Одномерное нестационарное уравнение теплопроводности. Аналитические методы решения нестационарных уравнений теплопроводности: метод разделения переменных Фурье, метод функции источника, метод Лапласа, автомодельные задачи. Условия возможности использования этих методов. Численное решение одномерного уравнения теплопроводности для многослойной плоской стенки явный и неявный методы решения

Тема 4. Массообмен (2 час.)

Диффузионный и конвективный массоперенос. Закон Фика. Движущие потенциалы массопереноса. Определение коэффициентов массоотдачи на основании данных по теплообмену. Критерии подобия массопереноса. Граничные условия. Диффузионно-фильтрационный массоперенос.

Конвективный тепломассообмен (16 час.)

Тема 1. Введение (2 час.)

Основные факторы, влияющие на интенсивность конвективного теплообмена. Естественная, вынужденная и смешанная конвекция. Математическое описание процесса конвективного тепломассообмена: уравнение энергии, уравнения движения вязкой сжимаемой жидкости (уравнения Навье-Стокса), уравнение неразрывности, уравнение состояния,

уравнение диффузии, уравнение теплоотдачи.

Тема 2. Теория подобия для тепломассообмена (4 час.)

Применение теории подобия физических явлений к описанию процессов тепломассообмена. Принцип подобия физических явлений. Приведение уравнений математической модели процессов тепломассообмена к безразмерному виду на примере одного из уравнений. Получение чисел подобия. Числа подобия процессов конвективного теплообмена, их физический смысл. Определяющие и определяемые числа подобия. Общий вид критериальных уравнений подобия. Физическое моделирование процессов конвективного тепломассообмена. Определяющий размер, определяющая температура.

Тема 3. Естественная конвекция. (2 час.)

Теплоотдача при естественной конвекции. Особенности теплоотдачи при естественной конвекции в ограниченном объеме и в газожидкостных прослойках.

Тема 4. Вынужденный конвективный теплообмен. (4 час.)

Конвективный теплообмен при вынужденном движении в трубах и каналах при ламинарном, турбулентном и переходных режимах течения. Начальный участок и полностью развитое течение. Эквивалентный диаметр при некруглой форме поперечного сечения канала. Теплообмен при поперечном обтекании одиночного цилиндра и пучков труб. Учет геометрии пучка труб.

Тема 5. Теплообмен при фазовых переходах. (4 час.)

Теплоотдача при конденсации и кипении. Кривая кипения. Кризис теплоотдачи при кипении в трубах.

Теплопередача излучением (8 час.)

Тема 1. Основные законы теплопередачи излучением (4 час.)

Основные понятия и законы теплового излучения. Законы Планка, Стефана-Больцмана, Вина, Ламберта. Испускание и поглощение излучения

не абсолютно черными телами; селективное и серое излучение. Степень черноты, поглощательная способность, закон Кирхгофа. Падающее, отраженное, эффективное и результирующее излучение.

Тема 2. Теплообмен между телами (4 час.)

Теплообмен излучением между серыми поверхностями, разделенными прозрачной средой. Теплообмен между параллельными поверхностями и в замкнутой полости. Понятие о приведенной степени черноты. Влияние экранов на интенсивность теплообмена излучением. Теплообмен излучением между двумя телами, произвольно расположенными в пространстве. Угловые коэффициенты излучения.

КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Вопросы к экзамену

1. Закон теплопроводности Фурье. Теплопроводность (коэффициент теплопроводности), его зависимость от вида среды и ее состояния.
2. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности.
3. Задача стационарной теплопроводности для пластины и полого цилиндра при граничных условиях первого рода.
4. Задача стационарной теплопроводности для пластины и полого цилиндра при граничных условиях третьего рода.
5. Теплопроводность через многослойные системы. Эквивалентный коэффициент теплопроводности.
6. Одномерное нестационарное уравнение теплопроводности.
7. Метод разделения переменных Фурье для решения нестационарных уравнений теплопроводности. Условия применимости.
8. Метод функции источника для решения нестационарных уравнений теплопроводности. Условия применимости.

9. Метод Лапласа для решения нестационарных уравнений теплопроводности. Условия применимости.
10. Диффузионный и конвективный массоперенос. Закон Фика. Движущие потенциалы массопереноса.
11. Критерии подобия массопереноса. Граничные условия.
12. Естественная, вынужденная и смешанная конвекция.
13. Математическое описание процесса конвективного тепломассообмена.
14. Применение теории подобия физических явлений к описанию процессов тепломассообмена.
15. Приведение уравнений математической модели процессов тепломассообмена к безразмерному виду на примере одного из уравнений. Получение чисел подобия.
16. Числа подобия процессов конвективного теплообмена, их физический смысл. Определяющие и определяемые числа подобия.
17. Физическое моделирование процессов конвективного тепломассообмена. Определяющий размер, определяющая температура.
18. Теплоотдача при естественной конвекции.
19. Особенности теплоотдачи при естественной конвекции в ограниченном объеме и в газожидкостных прослойках.
20. Конвективный теплообмен при вынужденном движении в трубах и каналах при ламинарном, турбулентном и переходных режимах течения.
21. Теплообмен при поперечном обтекании одиночного цилиндра и пучков труб. Учет геометрии пучка труб.
22. Теплоотдача при конденсации и кипении.
23. Кривая кипения.
24. Кризис теплоотдачи при кипении в трубах.
25. Основные понятия и законы теплового излучения. Законы Планка, Стефана-Больцмана, Вина, Ламберта.
26. Испускание и поглощение излучения не абсолютно черными телами; селективное и серое излучение.

27. Степень черноты, поглощательная способность, закон Кирхгофа.
28. Падающее, отраженное, эффективное и результирующее излучение.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(печатные и электронные издания)

1. Теория тепломассообмена: Учебник. / С.И. Исаев, И.А. Кожинов, В.И. Кофанов и др.; под ред. А.И. Леонтьева. 2-е изд. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997.
2. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломасообмен: учебное пособие. М.: Изд-во МЭИ, 2005.
3. Задачник по технической термодинамике и теории тепломассообмена: Учебное пособие / Под ред. В.И. Крутова и Г.Б. Петражицкого, СПб: БХВ-Петербург, 2011.

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. - Изд. 5-е, перераб и доп.- М.: Атомиздат, 1979.- 416 с.

Справочно-информационный фонд ИПМех РАН

2. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача: Учебник для вузов.- 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Энергоиздат, 1981.- 416 с.
3. Андерсон Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: В 2-х т.: Пер. с англ.- М.: Мир, 1990.

Справочно-информационный фонд ИПМех РАН

4. Д.В. Сполдинг. Горение и массообмен. - Машиностроение, 1985. - 240 с.

Справочно-информационный фонд ИПМех РАН

5. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей.- М.: Наука, 1972.- 720 с.

Справочно-информационный фонд ИПМех РАН