

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе



Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.

Программа аспирантуры

Направление 14.06.01. Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии

Направленность (специальность) 05.14.03. Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Теплогидравлика ЯЭУ (спецглавы)»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.3.1

Всего: 72 часов

Семестр 5, в том числе

6 часов – контактная работа,
48 часов – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 14.06.01 Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии код и название направления

утвержденного приказом Минобрнауки России от 30 июля 2014 г. № 879, и паспорта специальности, указанной в номенклатуре специальностей научных работников 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации»,

шифр и название специальности

утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является изучение методов механики двухфазных потоков.

Задачами дисциплины являются:

– изучение основных уравнений механики двухфазных потоков;

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

– Способность к созданию теоретических и математических моделей, описывающих процессы в ядерных реакторах (ПК-1);

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

– Основные законы сохранения механики двухфазных сред (ПК-1);

уметь:

– решать ряд задач механики двухфазных сред (ПК-1);

владеть:

– методами механики двухфазных сред (ПК-1);

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Основы механики двухфазных потоков

Общая форма законов сохранения для однофазной среды. Вывод уравнения сохранения массы. Вывод уравнения сохранения импульса. Уравнение сохранения момента импульса. Вывод уравнения сохранения

энергии. Различные формы записи уравнений сохранения. Субстанциональная производная. Уравнения сохранения в координатной форме. Термодинамические и реологические соотношения. Условия совместности на межфазной границе.

2. Некоторые задачи механики двухфазных потоков

Обтекание неподвижного шара потоком несжимаемой вязкой жидкости. Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца при параллельном течении двух жидкостей. Неустойчивость Рэлея-Тейлора на границе раздела двух жидкостей в поле силы тяжести.

3. Методы осреднения в механике двухфазных потоков

Различные методы осреднения. Цель осреднения. Классификация процедур осреднения: эйлерово осреднение, лагранжево осреднение, больцмановское статистическое осреднение. Особенности осреднения при анализе двухфазных течений. Основные соотношения при осреднении по времени. Временная область и определение функций. Локальная доля по времени - локальное объемное паросодержание. Осреднение по времени и взвешенные средние величины. Фундаментальная гипотеза гладкости средних величин. Осреднение по времени производных. Свойства концентраций и смеси. Поле скорости. Фундаментальная идентичность.

4. Осредненные уравнения механики двухфазного потока

Осредненное по времени уравнение баланса. Уравнения двухжидкостной модели. Диффузионная модель. Осредненные условия совместности. Сравнение уравнений, осредненных по времени, с уравнениями, осредненными другими способами.

5. Режимы течения двухфазных потоков

Классификация режимов течения в вертикальных и горизонтальных трубах. Экспериментальные методы определения режимов течения. Карты режимов течения в вертикальных и горизонтальных трубах. Критерии перехода между режимами течения в вертикальной трубе. Критерии перехода между режимами течения в горизонтальной трубе. Карты режимов течения

двухфазного потока, используемые в теплогидравлических кодах.
Моделирование эволюции межфазной поверхности.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

5 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

1. Сформулируйте общий закон сохранения в интегральной форме. В чем состоит физический смысл каждого слагаемого в этом уравнении? Для каких величин справедлив этот закон?
2. Сформулируйте общий закон сохранения в дифференциальной форме. Каким образом осуществляется переход от интегральной формы общего закона сохранения к дифференциальной?
3. Каким образом из общего закона сохранения получается закон сохранения массы?
4. Объясните физический смысл каждого слагаемого в уравнении сохранения импульса. Сформулируйте уравнение движения в напряжениях.
5. В чем состоит особенность уравнения сохранения момента импульса применительно к сплошной среде?
6. Объясните физический смысл каждого слагаемого в уравнении сохранения энергии.
7. Что такое субстанциональная производная?
8. В чем физический смысл дивергенции скорости?
9. Каким образом получается уравнение сохранения кинетической энергии? В чем состоит физический смысл каждого слагаемого в этом уравнении?
10. Каким образом получается уравнение сохранения внутренней энергии? В чем состоит физический смысл каждого слагаемого в этом уравнении?

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Уоллис Г. Одномерные двухфазные течения. – М.: Мир, 1972 – 440 с.
2. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред. - М.: Наука, 1978. - 336 с.
3. Теплопередача в двухфазном потоке/ Под ред. Д. Баттерворса и Г. Хьюитта: Пер. с англ. – М.: Энергия, 1980. – 328 с.
4. Стырикович М.А., Полонский В.С., Циклаури Г.В. Тепломассообмен и гидродинамика в двухфазных потоках атомных электрических станций. – М.: Издательство «Наука», 1982. – 370 с.
5. Делайе Дж., Гио М., Ритмюллер М. Теплообмен и гидродинамика в атомной и тепловой энергетике. – М.: Энергоатомиздат, 1984 – 424 с.

Основная литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. - 3-е изд., перераб. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1986. - 736 с.
2. Dukler A.E., Taitel Y. Flow Pattern Transitions in Gas-Liquid Systems: Measurement and Modeling // Multiphase Science and Technology, 1986, vol.2, pp. 1-94.
3. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч. I - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. - 464 с.
4. Кузнецов Ю.Н. Теплообмен в проблеме безопасности ядерных реакторов. – М.: Энергоатомиздат, 1989 - 296 с.
5. Ishii M., Hibiki T. Thermo-fluid dynamics of two-phase flow // Springer Science and Business Media, 2006, 462 pages.
6. Лабунцов Д.А., Ягов В.В. Механика двухфазных систем: Учебное пособие для вузов. – М.: Издат. дом МЭИ, 2007. – 383 с.
7. Kolev N.I. Multiphase Flow Dynamics. Fundamentals. Vol.1. – Springer, Berlin, 775 P., 2007.
8. Kolev N.I. Multiphase Flow Dynamics. Thermal and Mechanical Interactions. Vol.2. – Springer, Berlin, 701 P., 2007.
9. Kolev N.I. Multiphase Flow Dynamics. Turbulence, Gas Absorption and Release, Diesel Fuel Properties. Vol.3. – Springer, Berlin, 313 P., 2007.
10. Kolev N.I. Multiphase Flow Dynamics. Nuclear Thermal Hydraulics. Vol.4. – Springer, Berlin, 761 P., 2007.
11. Кириллов П.Л., Богословская Г.П. Тепломассообмен в ядерных энергетических установках: Учебное пособие для вузов:2-е изд., перераб.- М.: ИздАТ, 2008. – 256 с.
12. Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С. Гидродинамические расчеты: Справочное учебное пособие. – М.: ИздАТ, 2009. – 216 с.

13. Bratland O. Pipe Flow 1: Single-phase Flow Assurance. – www.drbratland.com, 2nd Edition, 2013 – 367 P.
14. Bratland O. Pipe Flow 2: Multi-phase Flow Assurance. – www.drbratland.com, 2nd Edition, 2013 – 353 P.
15. Ягов В.В. Теплообмен в однофазных средах и при фазовых превращениях: Учебное пособие для вузов. – М.: Издат. дом МЭИ, 2014. – 542 с.
16. Мелихов В.И., Мелихов О.И. Режимы течения двухфазных потоков теплоносителя ядерных энергетических установок: Учебное пособие для вузов. - М.: Издат. дом МЭИ, 2015. - 72 с. (в печати)
17. Мелихов В.И., Мелихов О.И., Никонов С.М., Парфенов Ю.В. Лабораторные работы по курсу "Теплогидравлика ЯЭУ" - М.: Издат. дом МЭИ, 2015. - 72 с. (в печати)
18. Мелихов В.И., Мелихов О.И. Основы механики двухфазных потоков: Учебное пособие для вузов. - М.: Издат. дом МЭИ, 2015. - 60 с. (в печати)