

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

«Моделирование многофазных термогидродинамических процессов в оборудовании АЭС»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.4.2

Всего: 108 часов

Семестр 7, в том числе

6 часов – контактная работа,
84 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 моделирования многофазных термогидродинамических процессов в оборудовании АЭС

Задачами дисциплины являются:

– изучение методов моделирования многофазных термогидродинамических процессов в оборудовании АЭС ;

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

– Способность к применению моделирования многофазных термогидродинамических процессов в оборудовании АЭС (ПК-5);

– Способность к применению методов разработки элементов новых проектов АЭС (ПК-6);

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

– основные методы моделирования многофазных термогидродинамических процессов в оборудовании АЭС (ПК-5);

– основные принципы разработки конструкции для элементов новых АЭС (ПК-6);

уметь:

– применять методы моделирования многофазных термогидродинамических процессов в оборудовании АЭС (ПК-5);

владеть:

– методами моделирования многофазных термогидродинамических процессов в оборудовании АЭС (ПК-5);

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Современные подходы к моделированию многофазных термогидродинамических процессов на АЭС

Основные подходы к моделированию многофазных термогидродинамических процессов на АЭС. Характеристика современного уровня развития расчетных кодов для разработки и обоснования безопасности АЭС. Развитие трехжидкостной модели двухфазной среды. Моделирование эволюции межфазной поверхности. Трехмерное моделирование на малых масштабах. Экспериментальные исследования двухфазных процессов и явлений. Развитие численных методов для новых кодов. Развитие архитектуры кодов, сопряжение кодов и использование суперкомпьютерных технологий. Работы по оценке неопределенности результатов расчетов теплогидравлическими кодами.

2. Математическая модель пространственных термогидродинамических процессов на основе механики многофазных сред

Уравнения механики многофазных сред. Уравнения сохранения массы, импульса, энергии. Законы межфазного трения и межфазного теплообмена. Осредненное по времени уравнение баланса. Уравнения двухжидкостной модели. Сравнение уравнений, осредненных по времени, с уравнениями, осредненными другими способами. Режимы течения двухфазных потоков. Карты течения. Критерии перехода между режимами течения.

3. Моделирование многофазных термогидродинамических процессов во втором контуре горизонтального парогенератора АЭС с ВВЭР

Основные характеристики горизонтальных парогенераторов АЭС с ВВЭР. Проблемы продления ресурса, разработки новых конструкций горизонтальных ПГ и вопросы математического моделирования. Проблемы математического моделирования термогидродинамических процессов в горизонтальных парогенераторах. Математические модели трехмерных расчетных теплогидравлических кодов. Система уравнений сохранения массы, импульса и энергии для пароводяной смеси. Корреляции межфазного взаимодействия. Корреляции трения пароводяной смеси о трубчатку. Численные схемы расчетных программных средств. Модель распределения растворимых примесей и отложений на трубчатке. Сопряжение трехмерных кодов с системными одномерными кодами.

4. Моделирование термогидродинамических процессов в элементах АЭС

Моделирование термогидродинамических процессов в активной зоне реактора ВВЭР. Моделирование пространственных процессов в опускном участке ВВЭР. Проблема перемешивания пробки деборированной воды. Моделирование термогидродинамических процессов в фильтровальной установке гермооболочки АЭС с ВВЭР. Моделирование гидродинамических процессов в элементах систем аварийного и планового расхолаживания АЭС с ВВЭР. Развитие кодов нового поколения (проект NEPTUNE).

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

7 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

1. Перечислите основные подходы к моделированию многофазных термогидродинамических процессов на АЭС.

2. Дайте характеристику современного уровня развития расчетных кодов для разработки и обоснования безопасности АЭС.

3. Расскажите о картах течения двухфазной среды и о критериях перехода между режимами течения.

4. Перечислите основные характеристики численных схем расчетных программных средств.

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)