

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

«Применение методов анализа неопределенностей при расчете аварийных режимов на АЭС»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.4.1

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 методов анализа неопределенностей при расчете аварийных режимов на АЭС

Задачами дисциплины являются:

- изучение кодов улучшенной оценки;
- изучение методик оценки неопределенности;

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

- Способность к применению кодов улучшенной оценки для анализа аварийных режимов АЭС с ВВЭР (ПК-5);
- Способность к применению методик оценки неопределенности для анализа аварийных режимов АЭС с ВВЭР (ПК-6);

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- Основные статистические методы методик оценки неопределенности (ПК-6);

уметь:

- применять коды улучшенной оценки для анализа аварийных режимов на АЭС с ВВЭР (ПК-5);
- применять методики оценки неопределенности для анализа аварийных режимов на АЭС с ВВЭР (ПК-6);

владеть:

- методиками оценки неопределенности (ПК-6);

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Введение

Понятие кода улучшенной оценки. Системные теплогидравлические коды улучшенной оценки: RELAP5, CATHARE, ATHLET, КОРСАР, БАГИРА. Оценочный консервативный код. Симптомно-ориентированные аварийные действия. Методика использования кодов улучшенной оценки в западной практике лицензирования.

2. Общие вопросы использования методик оценки неопределенности

Причины неопределенности результатов расчетов с помощью кодов улучшенной оценки. Особенности уравнений, численной схемы, модель пористой среды, численного решения уравнений, особенности реализации компьютерного кода. Эффект пользователя. Разработка нодализационной схемы. Расчет стационарного состояния, переходного процесса. Классификация методик оценки неопределенности. Методики, в которых неопределенность результата моделирования определяется как результат “распространения” входных неопределенностей при проведении расчетов данным кодом. Методики, в которых неопределенность результата моделирования с помощью данного кода, то есть искомая ошибка расчета ЯЭУ, получается путем экстраполяции известных ошибок, полученных при расчете экспериментальных режимов.

3. Методики оценки неопределенности

Методика GRS [GRS, Германия]. Методика IRSN [IRSN, Франция]. Методика ENUSA [ENUSA, Испания]. Методика CABUE [КОРЕС, Корея]. Методика CSAU [NRC, США]. Методика AUSTRUM [Westinghouse, США]. Методика АЕАВ [АЕА, Великобритания]. Методика UМАЕ [UPI, Италия]. Методика CIAU [UPI, Италия]. Детерминистические методики. Статистические методики.

4. Методики, основанные на использовании формулы Уилкса

Определение набора параметров, влияющих на неопределенность результата расчета. Определение интервала варьирования и плотности распределения вероятности. Неопределенность результата расчета экспериментального режима, выполненного на интегральном стенде со сценарием, близким к сценарию аварийного режима на ЯЭУ. Формирование соответствующие файлы входных данных. Плотность распределения вероятности результата расчета. Доверительная вероятность. Односторонний, двусторонний доверительный интервал. Блок-схема методики, основанной на формуле Уилкса.

5. Результаты применения методик неопределенности

Международная проблема BEMUSE. Применение различных методик по отношению к экспериментальному режиму на стенде LOFT, аварийному режиму на АЭС с PWR. Анализ неопределенности для аварийного режима на АЭС с ВВЭР-440 с помощью кода КОРСАР и методики GRS

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

___ семестр/семестры – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

1. Дайте определение кода улучшенной оценки
2. Перечислите известные Вам коды улучшенной оценки
3. Приведите блок-схему методики с использованием формулы Уилкса.
4. Приведите примеры источников неопределенностей.

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)