

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

«Газодинамика двухфазных сред (спецглавы)»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.2.1

Всего: 108 часов

Семестр 3, 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 расчета акустических параметров теплоносителя в ядерных энергетических установках.

Задачами дисциплины являются:

- изучение основных закономерностей напорного движения пароводяной смеси;
- изучение уравнений движения и энергии и электромеханических аналогий;
- изучение акустических параметров теплоносителя АЭС;
- изучение методов и алгоритмов расчета акустических параметров теплоносителя в ядерных энергетических установках;

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

- Способность к созданию теоретических и математических моделей, описывающих процессы в ядерных реакторах (ПК-1);
- Способность использовать фундаментальные законы в области ядерных реакторов (ПК-3).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- Основные закономерности напорного движения пароводяной смеси, уравнения движения и энергии;

уметь:

- рассчитывать акустические параметры теплоносителя АЭС (ПК-1)

владеть:

– методами и алгоритмами расчета акустических параметров теплоносителя в ядерных энергетических установках (ПК-3);

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Основные закономерности напорного движения пароводяной смеси

Определения термина двухфазная среда. Двухфазные среды в ядерных энергетических установках. Параметры, характеризующие поток пароводяной смеси. Режимы течения пароводяной смеси в парогенерирующих трубах. Двухфазные среды пузырьковой структуры. Основные соотношения в потоках двухфазных сред. Расходные и истинные параметры, характеризующие поток пароводяной смеси в трубах. Гидравлические сопротивления при вынужденном движении неомогенной пароводяной смеси в трубах. Определение относительного коэффициента гидравлического сопротивления пароводяной смеси. Влияние массового паросодержания на потери давления на трение при движении пароводяной смеси.

2. Уравнения движения и энергии, электромеханические аналогии

Неустановившееся движение сжимаемой двухфазной среды в трубах. Уравнение сохранения массы. Уравнение сохранения количества движения. Телеграфные уравнения. Уравнения, обосновывающие аналогию между неустановившимся движением сжимаемой двухфазной среды в трубах и пространственно-временным распределением величин электрического тока в однородной линии. Электроакустические аналогии. Акустическая масса и сжимаемость объема однофазной и двухфазной сред. Эквивалентные схемы замещения канала с потоком однофазной и двухфазной среды. Особенности гидравлической характеристики парогенерирующего канала. Гидродинамическая неустойчивость в испарительных каналах, причины её возникновения, её последствия и способы предотвращения. Влияние давления и неравномерности тепловых потоков на возникновение гидродинамической неустойчивости в испарительных каналах. Активная и реактивная составляющие перепада давления в акустическом контуре

теплоносителя. Акустический резонанс и волновое сопротивление. Акустическая схема первого контура реактора ВВЭР-1000. Условия возникновения двухфазного состояния теплоносителя в ВВЭР-1000. Термодинамический, газодинамический и акустический подходы при определении скорости звука в пароводяных средах.

3. Акустические параметры теплоносителя АЭС

Полоса пропускания, собственная частота колебания давления теплоносителя (СЧКДТ), волновое сопротивление, добротность потока теплоносителя в первом контуре АЭС с ВВЭР-1000. Параметры, определяющие величину акустической добротности теплоносителя в реакторе ВВЭР. Параметры, определяющие область виброакустического резонанса теплоносителя и внутрикорпусных устройств оборудования АЭС в реакторах с водным теплоносителем. Непроектные высокоцикловые нагрузки в оборудовании, вызванные вращением ГЦН на АЭС с ВВЭР- 1000. Условия возникновения области вибро-акустических резонансов теплоносителя и ТВС в эксплуатационных режимах ВВЭР-1000. Методика построения картограмм активной зоны с указанием числа и места расположения ТВС, находящихся в зоне виброакустических резонансов с теплоносителем. Перспективные методы диагностирования, прогнозирования и предотвращения возникновения вибро-акустических резонансов в оборудовании АЭС. Пульсации давления при кризисе кипения в трубе. Влияние амплитуды пульсаций массовой скорости на критический тепловой поток. Влияние относительной длины канала на критические тепловые потоки при пульсационных режимах. Зависимость сейсмостойкости систем охлаждения реактора от добротности. Повышение сейсмостойкости систем охлаждения реактора при землетрясении путем оптимизации теплогидравлических и акустических характеристик теплоносителя.

4. Методы и алгоритмы расчета акустических параметров теплоносителя в ядерных энергетических установках

Расчет частот акустического резонанса в системе компенсации давления в начале энергетического пуска и при работе на номинальном уровне мощности. Расчет СЧКДТ, добротности и полосы пропускания теплоносителя в активной зоне ВВЭР-1000 в переходных режимах. Расчет СЧКДТ в трубопроводе, соединяющем реактор с горячим коллектором парогенератора, и в системе трубопровод - горячий коллектор парогенератора, в номинальном режиме ВВЭР-1000. Расчет СЧКДТ в трубопроводе, соединяющем главный циркуляционный насос с холодным коллектором парогенератора, и в системе трубопровод – холодный коллектор парогенератора, в номинальном режиме ВВЭР-1000. Расчет СЧКДТ, волнового сопротивления, добротности и полосы пропускания теплоносителя в петле первого контура АЭС с ВВЭР-1000 с компенсатором давления в переходных режимах. Расчет частот акустического резонанса, добротности и полосы пропускания теплоносителя в активной зоне ВВЭР-1000 в режиме большой течи теплоносителя. Расчет декремента затухания импульсных возмущений по давлению, вызванных землетрясением, в первом контуре АЭС с реакторами ВВЭР - 1000.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

3 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

1. Дайте определение для понятия «двухфазная среда»
2. Перечислите параметры, характеризующие поток пароводяной смеси.
3. Дайте определение понятия собственная частота колебания давления теплоносителя (СЧКДТ)
4. Дайте определение добротности потока теплоносителя.

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

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Давидсон В.Е. Основы гидрогазодинамики в примерах и задачах. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, издательский дом "Академия", 2008 год, - 320 стр.
2. Зезин В.И. Гидрогазодинамика. Учебное пособие. Издательство ЮУРГУ, 2010, 100 стр.
3. Проскуряков К.Н., Паршин Д.А. Скорость распространения волн давления в технологических каналах реактора РБМК-1000. Известия высших учебных заведений. «Ядерная энергетика», 2009, №1.- С. 105-115.
4. Проскуряков К.Н., Новиков К.С. Определение области виброакустических резонансов теплоносителя и ТВС в перспективных реакторах повышенной мощности // Атомная энергия. 2010. В. 3. С. 151- 155.
5. Проскуряков К.Н., Новиков К.С., Беликов С.О. Непроектные нагрузки на конструкции парогенератора ПГВ-1000//Тяжелое машиностроение. Ноябрь 11, 2010 С.13-16

Дополнительная литература:

6. Никифоров А.А. Акустические возмущения в парогазожидкостных системах / А.А. Никифоров, Е.А. Уткина, Р.Н. Гафиятов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. МЖГ. – 2011. – №4(3). – С.1017-1018.
7. Алексеев П.Н., Асмолов В.Г., Гагаринский А.Ю., Кухаркин Н.Е., Семченков Ю.М., Сидоренко В.А., Субботин С.А., Цибульский В.Ф., Штромбах Я.И. О стратегии развития ядерной энергетики России до 2050 г. М.: Атомная Энергия, 2011, Т.111, №4.
8. Трухний А.Д., Булкин А.Е. Тихоходные турбины для ядерной энергетики. М.: Издательский дом МЭИ, 2011.
9. В.Г.Асмолов, В.Н.Блинков, О.Г.Черников Основы обеспечения безопасности АЭС. Учебное пособие. Москва, Издательский дом МЭИ, 2014, 151 с.
10. Б.Г.Гордон Эволюция безопасности АЭС // Электрические станции, №12, 2011, с.6-11
- 11.Алексеев П.Н., Асмолов В.Г., Гагаринский А.Ю., Кухаркин Н.Е., Семченков Ю.М., Сидоренко В.А., Субботин С.А., Цибульский В.Ф., Штромбах Я.И. О стратегии развития ядерной энергетики России до 2050 г. М.: Атомная Энергия, 2011, Т.111, №4.