

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

«Виброшумовая диагностика и прогнозирование вибрационного состояния ВВЭР (Спецглавы)»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.3.2

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 виброшумовой диагностики и прогнозирования вибрационного состояния ВВЭР

**Задачами** дисциплины являются:

– изучение методов виброшумовой диагностики и прогнозирования вибрационного состояния ВВЭР;

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

– Способность к созданию теоретических и математических моделей, для диагностики и прогнозирования вибрационного состояния ВВЭР (ПК-1);

## **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

**знать:**

– Основные математические модели методов виброшумовой диагностики (ПК-1);

**уметь:**

– решать задачи виброшумовой диагностики (ПК-1);

**владеть:**

– методами виброшумовой диагностики (ПК-1);

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ**

### *1. Введение*

Основные понятия и определения. Задачи технической диагностики и прогнозирования. Основные технологические процессы в ядерном энергоблоке

и диагностируемые аномалии. Технологические шумы. Использование теории случайных процессов и соответствующего математического аппарата для анализа технологических шумов.

## *2. Математические модели*

Математические модели для идентификации состояния теплоносителя по спектральным характеристикам сигналов от датчиков пульсаций давления. Методы диагностики, основанные на эффекте преобразования частоты возмущающих воздействий в нелинейных гидравлических элементах. Математические модели для расчета собственных частот колебаний параметров теплоносителя и перспективы их применения для расширения перечня аномалий, контролируемых в настоящее время штатными системами диагностики. Математические модели для анализа виброакустических характеристик оборудования АЭС в условиях проектной аварии.

## *3. Виброакустическая диагностика*

Системы вибро-акустической диагностики, использующиеся для диагностики оборудования первого контура АЭС с ВВЭР. Подсистемы для контроля вибраций в основном оборудовании, обнаружения протечек теплоносителя, обнаружения слабозакрепленных и перемещающихся объектов, а так же их локализация. Система режимной диагностики, цели и задачи применения. Система контроля остаточного циклического ресурса, цели и задачи применения, техническое и математическое обеспечение. Закономерности колебательных процессов теплоносителя в первых контурах АЭС с ВВЭР, обнаруживаемые с помощью виброакустических измерений.

## *4. Диагностика и прогнозирование виброакустических резонансов*

Диагностика и прогнозирование виброакустических резонансов в оборудовании АЭС с ВВЭР. Задачи информационной поддержки оператору

энергоблока по диагностированию состояния и прогнозированию хода технологического процесса. Роль динамических моделей (описывающих состояние теплоносителя) в подсистемах, предназначенных для раннего распознавания аномалий и прогнозирования их развития. Функциональные и информационные связи комплекса задач виброакустической диагностики с задачами систем автоматического управления и контроля технологического процесса на блочном уровне. Концепция развития систем мониторинга, диагностики и управления на АЭС. Задачи определения кратных и комбинационных частот колебаний давления теплоносителя в номинальных и аварийных режимах. Определение характера изменения упругости теплоносителя при изменении паросодержания.

## **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 основные задачи технической диагностики и прогнозирования.
2. Математические модели для идентификации состояния теплоносителя по спектральным характеристикам сигналов от датчиков пульсаций давления.
3. Опишите основные методы диагностики и прогнозирования виброакустических резонансов в оборудовании АЭС с ВВЭР.
4. Сформулируйте концепцию развития систем мониторинга, диагностики и управления на АЭС.

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**

1. 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.
2. 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.
3. Трухний А.Д., Булкин А.Е. Тихоходные турбины для ядерной энергетики. М.: Издательский дом МЭИ, 2011.
4. В.Г.Асмолов, В.Н.Блинков, О.Г.Черников Основы обеспечения безопасности АЭС. Учебное пособие. Москва, Издательский дом МЭИ, 2014, 151 с.
5. Б.Г.Гордон Эволюция безопасности АЭС // Электрические станции, №12, 2011, с.6-11
- 6.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.