

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

«Управление ресурсом металлов оборудования ЯЭУ»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.2.2

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 управления ресурсом металлов оборудования ЯЭУ.

Задачами дисциплины являются:

- изучение основных закономерностей процессов, контролируемых параметрах и критериях повреждения конструкционных сплавов оборудования ЯЭУ;
- изучение процессов повреждения конструкционных сплавов оборудования ЯЭУ процессом усталости;

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 закономерностей процессов, контролируемых параметрах и критериях повреждения конструкционных сплавов оборудования ЯЭУ (ПК-1);

уметь:

- рассчитывать процессы, контролируемые параметры и критерии повреждения (ПК-1);

владеть:

- методами и алгоритмами расчета процессы, контролируемые параметры и критерии повреждения (ПК-3);

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Введение

Введение в проблему прогнозирования технического ресурса оборудования. Термины и определения. Причины техногенных инцидентов и аварий на ПГ АЭС. Ошибки при проектировании и конструировании; при изготовлении; эксплуатации. Недостатки нормативной документации в части оценки состояния и управления наработкой до отказа металлоемкого оборудования. Предупреждение и неплановых остановов энергоблоков АЭС с ВВЭР и PWR. Компенсирующие мероприятия, направленные на замедление процессов повреждения узлов ПГ. Эквивалентная диаграмма анализа причин отказа металлоемкого объекта – на примере парогенератора АЭС с ВВЭР. Отказ (повреждение) металла ячейки системообразующей подсистемы. Нарботка до отказа. Резервирование и дублирование. Обзор остановов энергоблоков АЭС с ВВЭР и PWR из-за повреждений парогенераторов. Замена парогенераторов.

2. Общие сведения о процессах, контролируемых параметрах и критериях повреждения конструкционных сплавов оборудования ЯЭУ

Основные частные процессы повреждения: усталость; статическое нагружение – ползучесть; коррозионное растрескивание; радиационное охрупчивание, водородное охрупчивание. Сопутствующие процессы повреждения и факторы. Значимые факторы и математическое моделирование. Непараметрические модели. вероятностный анализ. Статистические регрессионные параметрические модели. Детерминистические феноменологические модели. Контролируемые параметры процесса повреждения. Предельное состояние. Критерии предельного состояния. Мера повреждения металла индивидуально по частным процессам повреждения. Требования к алгоритму и алгоритм общей меры повреждения металла всеми частными процессами повреждения, действующими на металл одновременно.

Построение алгоритма расчета общей меры повреждения при одновременном воздействии нескольких процессов повреждения металла. Постулаты, допущения и ограничения. Критерий отбраковки.

3. Повреждение конструкционных сплавов оборудования ЯЭУ процессом усталости

Усталость, как мера накопления субмикропластических деформаций за один цикл нагружения. Косвенный (непрямой) контролируемый параметр - число циклов нагружения. Математическая модель накопления меры повреждения усталостью. Асимметрия цикла нагружения. Скорость накопления меры повреждения усталостью. Прогнозируемая наработка до отказа частным процессом повреждения – усталостью.

4. Повреждение конструкционных сплавов оборудования ЯЭУ процессами коррозии

Классификация процессов коррозии (применительно к узлам ПГ по условиям протекания и по характеру наблюдаемых повреждений конструкционных сплавов). Коррозия: химическая, электрохимическая, общая, локальная. Дентин-, фреттинг-коррозия, щелевая, ножевая, под напряжением. Водородное охрупчивание. Коррозионная усталость. Коррозионное растрескивание – транс- и интеркристаллитное. Эрозионно-коррозионный износ. Способы выражения скорости коррозии. Растворы, растворение, электролиты, растворы электролитов, концентрации веществ в растворе. Химическая активность растворенных веществ. Законы Генри, Рауля. Равновесие в растворах, константы равновесия и диссоциации. Гидролиз и подшламовая коррозия. Двойной электрический слой. Поляризация и электродные реакции. Электрохимический потенциал. Поляризационные диаграммы: анодная, катодная, а также при полной и частичной деполяризации. Влияние внешних факторов на коррозионные процессы повреждения конструкционных сплавов ПГ: концентрации кислорода, галогенов, водородного показателя pH, скорости потока коррозионной среды (кавитация и каплеударный износ - эрозионно-коррозионный износ), температуры и

теплового потока, а также наличия отложений на теплообменных поверхностях и шлама. Концентрирование примесей в воде при кипении в отложениях (модель «фитильного» кипения). Определяющая температура коррозионного процесса при наличии отложений и теплового потока. Влияние внутренних факторов на коррозионные процессы повреждения конструкционных сплавов ПГ: легирования, гомо- и гетерогенности (зернограничная сегрегация примесей сплава), гомо- и гетерофазности. Дефекты кристаллического строения и их роль в протекании локальных типов коррозии конструкционных сплавов ПГ. Сварные соединения (сварной шов и околошовная зона термического влияния). Влияние внешних факторов на коррозию. Ингибирование процессов коррозии. Органические и неорганические пленкообразователи. Металлические и неметаллические покрытия. Применение комплексонов в тепловой и атомной энергетике. Термостойкость и проблемы поддержания сплошности защитных пленок. Сопротивление конструкционных сплавов оборудования ЯЭУ коррозии: углеродистые стали; аустенитные хромоникелевые стали; сплавы на основе циркония, алюминия меди.

5. Повреждение конструкционных сплавов оборудования ЯЭУ при облучении ионизирующими излучениями

Материалы топлива для ядерных реакторов. Действие ионизирующего излучения на теплоноситель (вода). Действие ионизирующего излучения на оксидные пленки конструкционных сплавов. Действие ионизирующего излучения на конструкционные сплавы – углеродистые стали; аустенитные хромоникелевые стали; сплавы на основе циркония, алюминия

6. Управление долговечностью конструкционных сплавов оборудования ЯЭУ при одновременном воздействии нескольких процессов повреждения

Феноменологическая модель анодного растворения при нормальной эксплуатации, дезактивации, химической промывке. Разрушение защитного пассивного слоя. Феноменологическая модель катодной деполяризации. Генерация элек-тролитического водорода и накопление водорода в конструкционных сплавах ПГ при нормальной эксплуатации, дезактивации,

химической промывке. Водородная хрупкость. Феноменологическая модель хлоридо-кислородного коррозионного растрескивания – наработка до первого отказа трубного пучка ПГ. Феноменологическая модель хлоридо-кислородного коррозионного растрескивания – динамика отказов и наработка до отказа трубного пучка ПГ. Критерии отказа трубного пучка и коллектора ПГ. Привлечение дополнительной информации. Феноменологическая модель коррозионного растрескивания перемычек коллекторов ПГ. Феноменологическая модель коррозионного растрескивания сварного шва №111 ПГ. Феноменологическая модель зарождения и роста питтинга. Прогноз остаточного ресурса конструкционного сплава заданного узла ПГ при одновременном воздействии нескольких процессов повреждения металла. Управление остаточным ресурсом оборудования при одновременном воздействии на металл нескольких процессов повреждения. Теоретическое обоснование эффективности мероприятий по предупреждению техногенной аварии и непланового останова энергоблока АЭС с ВВЭР. Экспериментальное подтверждение эффективности по критерию приращения ресурса. Критерии идентичности ускоренных лабораторных коррозионных испытаний и натурных условий эксплуатации. Ускоряющий фактор. Методики пересчета результатов ускоренных лабораторных коррозионных испытаний на реальный масштаб времени и натурные условия эксплуатации. Заключительная лекция. Восстановление защитного пассивного слоя путем формирования нерастворимой пленки феррита лития, а также реконструкция ВКУ, систем продувки, водопитания, сепарации пара, измерения уровня, химической отмывки с подогревом паром моющих растворов и перемешиванием воздухом при повышенных значениях водородного показателя рН моющих композиций, замена сплавов на основе меди сплавами на основе железа и титана, применение литий-гидразинного ВХР – перспективные направления управления долговечностью конструкционных сплавов

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. В чем состоит проблема прогнозирования технического ресурса оборудования
2. Перечислите основные частные процессы повреждения
3. Перечислите критерии отказа трубного пучка и коллектора ПГ.
4. Опишите феноменологическая модель анодного растворения при нормальной эксплуатации, дезактивации, химической промывке.

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. Гафиев // 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.

10. Б.Г.Гордон Эволюция безопасности АЭС // Электрические станции, №12, 2011, с.6-11

5.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.