

Учреждение высшего образования
«Международный государственный экологический университет имени
А.Д.Сахарова»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-воспитательной
и идеологической работе
МГЭУ имени А.Д.Сахарова

В.И.Красовский

2015



Регистрационный № УД- 430-15р.

ТОПЛИВНЫЕ И КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ЯДЕРНЫХ
УСТАНОВОК

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине
для специальности:

1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность
специализации

1-100 01 01 01 Ядерная безопасность, учет и контроль ядерных материалов

Факультет мониторинга окружающей среды

Кафедра ядерной и радиационной безопасности

Курс (курсы) 5

Семестр (семестры) 10

Лекции, часов –48

Экзамен (семестр) - 10

Практические (семинарские)
занятия, часов – 32

Лабораторные
занятия, часов – не предусмотрены

Форма получения
высшего образования – очная

Аудиторных часов по
учебной дисциплине – 80

Всего часов по
учебной дисциплине – 172

Составили: Гусакова О.В., кандидат физико-математических наук

2015

Проверено: 4 02 15 В.Кос

Учебная программа составлена на основе учебной программы «Топливные и конструкционные материалы ядерных установок» Учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д.Сахарова» (регистрационный № ТД-_____/баз. от _____ 20__)

Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой ядерной и радиационной безопасности Учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д.Сахарова»

20.11.2014 № 4

(дата, номер протокола)

Заведующий кафедрой

 О.В.Гусакова

Одобрена и рекомендована к утверждению Советом факультета мониторинга окружающей среды Учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д.Сахарова»

25.11.2014 № 3

(дата, номер протокола)

Председатель

 В.В.Журавков

I. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Ядерная энергетика является важной составной частью производства электроэнергии. Ключевыми вопросами развития ядерной энергетики являются безопасность и экономичность. Надежность функционирования ядерного реактора, его энергетические, экономические и другие характеристики в первую очередь определяются надежностью и предсказуемостью изменения параметров тепловыделяющих элементов и конструкций, работающих в условиях радиационного облучения, протекания коррозионных процессов и действия высоких механических нагрузок. Основу тепловыделяющих элементов составляют различные виды ядерного топлива.

В данном курсе описываются структура и свойства применяемых в настоящее время и разрабатываемых топливных и конструкционных материалов ядерных реакторов а также методы их контроля. Рассматривается поведение материалов при высоких температурах и облучении. Особое внимание уделяется вопросам совместимости ядерного топлива с конструкционными материалами.

Задачей и целью курса является формирование у студентов целостных представлений о применяемых в ядерных реакторах топливных и конструкционных материалах и закономерностях изменения их свойств, развитие полученных знаний и навыков для последующего их применения в научно-исследовательской и производственной деятельности.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

знать:

- основные типы, классы и группы материалов, их составы и свойства (ядерное топливо, теплоносители, замедлители, конструкционные материалы, материалы защиты);
- механизмы фазовых превращений, основные методы термической и термомеханической обработки, проблемы коррозионной стойкости и совместимости, а также пути их решения;
- физические характеристики замедлителей и принципиальные конструктивные решения узлов и элементов активной зоны, реактора и реакторной установки в целом;
- поведение различных материалов ядерных реакторов и энергетических установок, в условиях воздействия ионизирующих излучений и сложных температурных полей;
- проблемы снятия с эксплуатации ядерных энергетических установок и их связь с материальным составом и конструкторскими решения конкретной энергетической установки;

- современные методы контроля и диагностики материалов ядерных установок;

уметь:

- пользоваться научно-технической терминологией;
- применять полученные знания для определения оптимальных сочетаний материалов активной зоны в зависимости от назначения и типа энергетических установок, а также аргументировать принятые решения;
- анализировать конструкторские решения разработанных и создаваемых энергетических установок;
- практически определять необходимые свойства различных материалов;
- работать с технической литературой, научно-техническими отчётами, справочниками и другими информационными источниками;

Общее количество часов отводимых на изучение учебной дисциплины – 172; аудиторных – 80, из них: лекции 48, ПЗ – 32.

III. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Общая характеристика топливных материалов ядерных реакторов.

Состав ядерного топлива, его классификация. Требования к ядерному топливу, условия его работы.

Тема 2. Металлическое ядерное топливо.

Уран и его сплавы. Плутоний и его сплавы.

Тема 3. Оксидное ядерное топливо

Технология получения оксидного топлива. Структурно-фазовое состояние и физико-химические свойства. Механические свойства. Структурные изменения при выгорании. Радиационное распухание. Совместимость с конструкционными материалами и теплоносителями.

Тема 4. Карбидное ядерное топливо

Физико-химические свойства карбидного топлива. Влияние облучения на свойства. Совместимость с конструкционными материалами.

Тема 5. Нитридное ядерное топливо

Физико-химические свойства нитридного топлива. Влияние облучения на свойства. Совместимость с конструкционными материалами.

Тема 6. Дисперсное ядерное топливо

Структура и свойства дисперсного ядерного топлива. Совместимость дисперсного ядерного топлива и радиационная стабильность.

Тема 7. Дисперсное ядерное топливо на основе микротвэлов

Микротвэлы и их конструктивные особенности. Свойства микротвэлов.

Тема 8. Теплоносители и замедлители.

Требования, предъявляемые к теплоносителям, основные виды и особенности теплоотвода. Требования к водному теплоносителю. Общие требования к замедлителям и терморрадиационные параметры их эксплуатации.

Тема 9. Поглощающие материалы.

Поглощающие материалы и их свойства. Формы использования поглотителей и материалов защиты. Проблемы и перспективы создания новых конструкционных материалов активной зоны реактора.

Тема 10. Дефекты и повреждаемость материалов ядерных установок

Возникновение эксплуатационных дефектов в условиях воздействия статических и динамических нагрузок. Растрескивание под действием термических напряжений.

Тема 11. Разрушающий контроль

Механические испытания. Методы исследования строения материалов и

сплавов. Коррозионные испытания

Тема 12. Капиллярный метод

Цветная дефектоскопия. Люминесцентно-цветная дефектоскопия.
Люминесцентная дефектоскопия

Тема 13. Магнитный метод

Магнито-порошковый. Магнитографический. Феррозондовый. Индукционный.
Метод эффекта Холла. Пондеромоторный. Магниторезисторный.

Тема 14. Вихретоковый метод

Основные физические принципы. Область применения.

Тема 15. Акустический метод

Эхо метод. Теневой. Зеркально теневой. Эхосквозной.

Тема 16. Радиационный метод

Радиграфический метод. Радиационная интроскопия. Радиометрическая
дефектоскопия.

Тема 17. Тепловой метод

Активный метод теплового контроля. Пассивный метод теплового контроля.
Тепловизионная техническая диагностика

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер п / п	Название темы и перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов						Номер формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа студентов	Иное	
1	Общая характеристика топливных материалов ядерных реакторов. Состав ядерного топлива, его классификация. Требования к ядерному топливу, условия его работы.	2						1-2
2	Металлическое ядерное топливо. Уран и его сплавы. Плутоний и его сплавы.	4						1-2
3	Оксидное ядерное топливо Технология получения оксидного топлива. Структурно-фазовое состояние и физико-химические свойства. Механические свойства. Структурные изменения при выгорании. Радиационное распухание.	6						1-2

	Совместимость с конструкционными материалами и теплоносителями.							
4	Карбидное ядерное топливо Физико-химические свойства карбидного топлива. Влияние облучения на свойства. Совместимость с конструкционными материалами.	4						1-2
5	Нитридное ядерное топливо Физико-химические свойства нитридного топлива. Влияние облучения на свойства. Совместимость с конструкционными материалами.	4						1-2
6	Дисперсное ядерное топливо Структура и свойства дисперсного ядерного топлива. Совместимость дисперсного ядерного топлива и радиационная стабильность.	4						1-2
7	Дисперсное ядерное топливо на основе микровзлов Микровзлы и их конструктивные особенности. Свойства микровзлов.	2						1-2
8	Теплоносители и замедлители Требования, предъявляемые к теплоносителям, основные виды и особенности теплоотвода. Требования к водному теплоносителю. Общие требования к замедлителям и терморрадиационные параметры их	2						1-2

	эксплуатации..							
9	Поглощающие материалы. Поглощающие материалы и их свойства. Формы использования поглотителей и материалов защиты. Проблемы и перспективы создания новых конструкционных материалов активной зоны реактора	2						1-2
10	Дефекты и повреждаемость материалов ядерных установок Возникновение эксплуатационных дефектов в условиях воздействия статических и динамических нагрузок. Растрескивание под действием термических напряжений.	4						1-2
11	Разрушающий контроль Механические испытания. Методы исследования строения материалов и сплавов. Коррозионные испытания	2	4					1-2
12	Капиллярный метод Цветная дефектоскопия. Люминесцентно-цветная дефектоскопия. Люминесцентная дефектоскопия	2	4					1-2
13	Магнитный метод Магнито-порошковый. Магнитографический. Феррозондовый. Индукционный. Метод эффекта Холла.	2	6					1-2

	Пондеромоторный. Магниторезисторный.							
14	Вихретоковый метод Основные физические принципы. Область применения.	2	4					1-2
15	Акустический метод Эхо метод. Теневой. Зеркально теневой. Эхосквозной.	2	6					1-2
16	Радиационный метод Радиграфический метод. Радиационная интроскопия. Радиометрическая дефектоскопия.	2	4					1-2
17	Тепловой метод Активный метод теплового контроля. Пассивный метод теплового контроля. Тепловизионная техническая диагностика	2	4					1-2

IV. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Примерный перечень тем практических занятий

Тема 18. Капиллярный метод

Цветная дефектоскопия. Люминесцентно-цветная дефектоскопия.
Люминесцентная дефектоскопия

Тема 19. Магнитный метод

Магнито-порошковый. Магнитографический. Феррозондовый. Индукционный.
Метод эффекта Холла. Пондеромоторный. Магниторезисторный.

Тема 20. Вихретоковый метод

Основные физические принципы. Область применения.

Тема 21. Акустический метод

Эхо метод. Теневой. Зеркально теневой. Эхосквозной.

Тема 22. Радиационный метод

Радиграфический метод. Радиационная интроскопия. Радиометрическая
дефектоскопия.

Тема 23. Тепловой метод

Активный метод теплового контроля. Пассивный метод теплового контроля.
Тепловизионная техническая диагностика

Основные учебно-методические материалы

1. Физическое материаловедение. / Под общ. ред. Б.А. Калина. Учебник для вузов. Том 6. Ч. 2. – М.: МИФИ, 2008.
2. Топливо и материалы ядерной техники. Уч. пособие. Л.А. Беляев, А.В. Воробьев, П.М. Гаврилов, Д.В. Гвоздяков, В.Е. Губин. Томск: Изд-во ТПУ. 2010.
3. А.Н. Холден. Физическое материаловедение урана. Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии. М. 1962
4. В.В. Герасимов. Коррозия урана и его сплавов. М.: Атомиздат, 1965.
5. Дегальцев Ю.Г., Понамарев-Степной Н.Н., Кузнецов В.Ф., Поведение высокотемпературного ядерного топлива при облучении. М.: Энергоатомиздат, 1987.
6. Вольский А. Н., Стерлин Я. М., Металлургия плутония. М.: Наука. 1967
7. К. Бэгли. Плутоний и его сплавы. Издательство главного управления по использованию атомной энергии при Совете Министров СССР, Москва, 1958.
8. Годин Ю.Г., Тенишев А.В. Карбидное ядерное топливо: Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2007. О.Б. Самойлов, Г.Б. Усынин, А.М. Бахметьев. Безопасность ядерных энергетических установок: Учебное пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1989, 280 с.
9. В.И. Поликарпов, В.С. Филонов, О.В. Чубакова, Н.Н. Юзвук. Контроль герметичности тепловыделяющих элементов / М.: Госатомиздат, 1962. – 188 с.
10. Г.В. Аркадов, В.И. Павелко, А.И. Усанов. Виброшумовая диагностика ВВЭР / М.: Энергоатомиздат, 2004, 344 с.
11. Модельные исследования и натурная тензометрия энергетических установок / Отв. ред. Н.А. Махутов. – М.: Наука, 2001, 291 с.
12. Неразрушающий контроль. В 5 кн. / Под ред. В.В. Сухорукова. – М.: Высшая школа, 1992, – 321 с.
13. Неразрушающий контроль: Справочник в 7 т. / Под общ. ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 2004.
14. Й. Крауткремер, Г. Крауткремер. Ультразвуковой контроль материалов. Справочник / М.: Металлургия, 1991, – 752 с.

Дополнительные учебно-методические материалы

1. Ф.Я. Овчинников, Л.И. Голубев, В.Д. Добрынин, В.И. Ключков, В.В. Семенов, В.М. Цыбенко. Эксплуатационные режимы водо-водяных энергетических ядерных реакторов. М.: Атомиздат, 1977
2. В.В. Герасимов, А.С. Монахов. Материалы ядерной техники. Учебник для вузов. М. Энергоиздат. 1982, 288 с.

3. Будов В.Ф., Фараонов В.А. Конструирование основного оборудования АЭС. М.: Энергоатомиздат. 1985
4. Плутоний. Фундаментальные проблемы. В 2-х томах, пер. под редакцией Б. А. Надыто, Л. Ф. Тимофеевой, РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров, 2003
5. Зверков В.В. Эксплуатация ядерного топлива на АЭС с ВВЭР. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
6. В.И. Бойко и др. Перспективные ядерные топливные циклы и реакторы нового поколения. Томск: Изд-во ТПУ, 2005.

Наименования и виды методических средств:

№ п / п	Наименование	Вид
1.	Учебно-информационные материалы по теме лекций	Электронный файл
2.	Презентации - *.ppt	Электронный файл

Формы контроля знаний:

№ п / п	Форма
1.	Выборочный контроль на лекциях
2.	Проведение опроса на практических занятиях
3.	Решение ситуационных задач на практических занятиях
4.	Подготовка и защита студентами рефератов
5.	Подготовка и защита отчетов по лабораторным работам
6.	Проведение зачета по дисциплине