

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

ОДОБРЕНО УМС ТФ НИЯУ МИФИ

Протокол № 6

от 23.12.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
МАТЕРИАЛЫ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
7	2	72	32	0	0		40	0	3
Итого	2	72	32	0	0	0	40	0	

АННОТАЦИЯ

В дисциплине изучаются условия работы, свойства и поведение под облучением топливных и конструкционных материалов ядерных энергетических установок.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения данной учебной дисциплины являются ознакомление студентов с требованиями, предъявляемыми к реакторным материалам, с их структурой и свойствами, с влиянием на них эксплуатационных факторов. По окончании изучения дисциплины выпускники должны уметь обосновано выбирать оптимальные конструкционные и топливные материалы для ядерного реактора заданного типа, иметь представление о перспективных материалах.

Дисциплина готовит к решению профессиональных задач в соответствии со следующими видами профессиональной деятельности:

- научно-исследовательская деятельность:

создание теоретических моделей конденсированного состояния вещества;

создание математических моделей, описывающих процессы в ядерных реакторах;

разработка методов повышения безопасности ядерных установок, материалов и технологий;

разработка новых теоретических подходов и принципов дизайна материалов с заданными свойствами, разработки новых высокоэффективных технологий получения современных ядерных, конструкционных материалов и наноматериалов;

- проектная деятельность:

использование информационных технологий при разработке новых установок, материалов и изделий;

разработка проектов технических условий, стандартов и технических описаний новых установок, материалов и изделий;

- экспертная деятельность:

оценка соответствия предлагаемого решения достигнутому мировому уровню;

производственно-технологическая деятельность:

разработка технологии получения новых видов топлива и материалов для ядерной энергетики;

- организационно-управленческая деятельность:

поиск оптимальных решений с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Учебная дисциплина взаимосвязана с курсами: «Иностранный язык», «Математика: математический анализ, векторный и тензорный анализ, интегральные уравнения», «Математика: аналитическая геометрия, линейная алгебра, теория вероятностей и математическая статистика», «Математика: обыкновенные дифференциальные уравнения, теория функций комплексного переменного», «Физика: механика, молекулярная физика и основы статистической термодинамики, электричество и магнетизм», «Химия элементов и соединений», «Ядерная физика и реакторы» и «Безопасность жизнедеятельности», а также

следующих дисциплин магистратуры «Методология научного познания», «Ядерная физика» и «Спецглавы высшей математики».

Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для изучения дальнейших дисциплин, таких как «Основы ядерных технологий», «Основы ядерного нераспространения и безопасного обращения с ядерными материалами», при выполнении курсового и дипломного проектирования, НИРС, а также при практической работе.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
	проектный		
Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой, знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, протекающих в ядерных энергетических установках	Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики,	ПК-8 [1] - Способен разрабатывать производственно-техническую документацию <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-8[1] - Знать производственно-техническую документацию; У-ПК-8[1] - Уметь разрабатывать производственно-техническую документацию; В-ПК-8[1] - Владеть навыками работы с производственно-технической документацией

	<p>ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.</p>		
--	---	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (B17)	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.</p>

Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры	1.Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для

	<p>ядерной безопасности (B24)</p>	<p>формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн. 2.Использование воспитательного потенциала содержания учебных дисциплин «Актуальные проблемы эксплуатации АЭС», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике», «Системы радиационного контроля» для формирования личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной безопасности посредством изучения основополагающих документов по культуре ядерной безопасности, разработанных МАГАТЭ и российскими регулирующими органами, норм и правил обращения с радиоактивными отходами и ядерными материалами.</p> <p>3.Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин «Контроль и диагностика ядерных энергетических установок», «Надежность оборудования атомных реакторов и управление риском», «Безопасность ядерного топливного цикла», «Ядерные технологии и экология топливного цикла» для формирования личной ответственности за соблюдение и обеспечение кибербезопасности и информационной безопасности объектов атомной отрасли через изучение вопросов организации информационной безопасности на объектах атомной отрасли, основных принципов построения системы АСУТП ядерных объектов, методов защиты и хранения информации, принципов построения глубокоэшелонированной и гибкой системы безопасности ядерно-физических объектов.</p> <p>4.Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Системы радиационного контроля», «Основы</p>
--	-----------------------------------	--

		<p>экологической безопасности в ядерной энергетике» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду, обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработки ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.</p>
--	--	---

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Ядерные топливные материалы	1-8	16/0/0		25	КИ-8	З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8
2	Конструкционные и поглощающие материалы	9-16	16/0/0		25	КИ-16	З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/0/0		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	3	З-ПК-8, У-ПК-8, В-

							ПК-8
--	--	--	--	--	--	--	------

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	32	0	0
1-8	Ядерные топливные материалы	16	0	0
1	Общие сведения об ядерных реакторах, твэлах и ТВС. Основы работы ядерных реакторов. Понятие о твэлах, ТВС и условия их работы. Требования к твэлам и ТВС. Классификация твэлов.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Материалы активной зоны ядерных реакторов и условия их работы Топливные и конструкционные материалы. Ядерно-физические свойства. Влияние облучения, температуры, физико-химических и коррозионных процессов, механических нагрузок.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Ядерное топливо (ЯТ): общие понятия. Нуклидный и химический состав. Классификация. Особенности ЯТ. Требования к ЯТ.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Металлическое ЯТ. Физические, теплофизические, механические и химические свойства урана и плутония. Сплавы: классификация, свойства. Поведение под облучением. Применение ЯТ.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Керамические ЯТ. Сравнительный обзор свойств различных видов керамического ЯТ.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Оксидное ЯТ. Свойства, поведение при выгорании. Твердое и газовое распухание. Перспективные виды оксидного топлива. Применение в ЯЭУ.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Конструкционные и поглощающие материалы	16	0	0
7	Дисперсное ЯТ. Понятие о дисперсном ЯТ. Идеальная и реальная структуры дисперсного ЯТ. Радиационная стабильность. Свойства дисперсных топливных композиций. Применение	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0

	в ЯЭУ.			
8	Дисперсное ядерное топливо на основе микротвэлов. Понятие о микротвэлах (МТ). Требование к топливным микросферам и материалам слоев покрытия. Радиационная стойкость слоев покрытия. Утечка ПД из МТ и источники утечки. Радиационные повреждения МТ. Применение дисперсного топлива на основе МТ в ЯЭУ.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Магний и его сплавы. Свойства магния. Влияние легирующих элементов. Совместимость с топливом и радиационная стойкость. Сплавы магния, используемые в ЯЭУ.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Цирконий и его сплавы. Свойства. Влияние легирования. Радиационная стойкость. Сплавы циркония. Совместимость сплавов с топливом и коррозия в теплоносителях. Коррозионное растрескивание и гидрирование циркониевых оболочек твэлов. Влияние облучения. Сплавы циркония с повышенными характеристиками. Применение сплавов циркония в ЯЭУ.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Коррозионно-стойкие аустенитные хромоникелевые стали. Железо и его взаимодействие с легирующими элементами. Классификация и маркировка сталей. Жаропрочные коррозионно-стойкие стали аустенитного класса. Коррозионное растрескивание под напряжением. Коррозионная стойкость в теплоносителях и совместимость с ЯТ. Радиационная стойкость. Применение аустенитных сталей в ЯЭУ.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Стали перлитного класса. Химический состав и структура. Термическая обработка. Коррозия и радиационная стойкость. Перлитные стали, применяемые в ЯЭУ.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	Реакторный графит. Получение реакторного графита. Свойства, влияние облучения. Механизмы деградации и критерии работоспособности. Применение графита в ЯЭУ.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины основной образовательной технологией являются лекционно-семинарские занятия. Лекции основаны на объяснительно-иллюстративном методе и решают задачи изучения нового материала, коррекции и его закрепления. Для промежуточного контроля усвоения студентом разделов курса используются тесты. Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы и интернет ресурсов для подготовки к контрольным мероприятиям.

Активные методы обучения реализуются при проведении устных коллоквиумов.

Интерактивная составляющая реализуется за счет использования на семинарских занятиях с заданной тематикой таких методик, как открытая дискуссия, мозговой штурм и групповое обсуждение.

Предусмотрено широкое использование информационно-коммуникационных технологий при поиске дополнительной информации по темам семинаров, а также при подготовке презентаций.

Предполагается посещение студентами тематических научных мероприятий, проводимых в университете.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-8	З-ПК-8	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-8	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-8	З, КИ-8, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его

			излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 620 Ф50 Физическое материаловедение Т.6 Конструкционные материалы ядерной техники, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
2. 620 Ф50 Физическое материаловедение Т.7 Ядерные топливные материалы, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
3. 620 Ф50 Физическое материаловедение Т.6 Ч.2: Ядерные топливные материалы, , Москва: МИФИ, 2008
4. ЭИ Ф50 Физическое материаловедение Т.6:Ч.2 Ядерные топливные материалы, , Москва: МИФИ, 2008
5. ЭИ Г59 Карбидное ядерное топливо : учебное пособие для вузов, Ю. Г. Годин, А. В. Тенишев, Москва: МИФИ, 2007
6. 621.039 Г59 Карбидное ядерное топливо : учебное пособие для вузов, Ю. Г. Годин, А. В. Тенишев, Москва: МИФИ, 2007

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Ф50 Физическое материаловедение Т.6 Ч.1: Конструкционные материалы ядерной техники, , Москва: МИФИ, 2008
2. 620 Ф50 Физическое материаловедение Т.6 Ч.1: Конструкционные материалы ядерной техники, , Москва: МИФИ, 2008
3. 621.039 Г59 Физическое металловедение плутония и его сплавов : учеб. пособие по курсу "Реакторное материаловедение", Ю.Г. Годин, Москва: МИФИ, 2004

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

При изучении темы 1 необходимо сформировать общее представление о топливных и конструкционных материалах, материалах замедлителя, отражателя, регулирующих стержней. Знать их функциональное назначение, состав и основные ядерно-физические свойства. Рассмотреть влияние рабочих условий, таких как облучение, температурные поля, физико-химические и коррозионные процессы, статические и динамические нагрузок на их поведение при эксплуатации.

При рассмотрении темы 2 необходимо знать нуклидный и химический состав ядерного топлива, и его классификацию. Понимать что такое выгорание и энергонапряженность. Знать основные особенности и требования к ядерному топливу.

По материалам темы 3 необходимо сформировать представление о физических, теплофизических, механических и химических свойствах урана, и понимать основные закономерности их изменения. Представлять основные механизмы пластической деформации и знать что такое текстура в урановых изделиях. Иметь представление об основных видах термической обработки урана направленной на повышение его эксплуатационных свойств. Знать сплавы урана, их классификацию, свойства и термическую обработку. Представлять себе поведение урана и его сплавов под облучением. Понимать суть методов направленных на повышение радиационной стабильности сердечников ТВЭЛов из урана и его сплавов. Знать примеры применения урана и его сплавов в ЯЭУ.

При изучении темы 4 сформировать представление о физических, теплофизических, механических и химических свойствах плутония. Знать сплавы плутония, их классификацию и

свойства. Представлять себе поведение плутония и его сплавов под облучением. Знать применение плутония и его сплавов в ЯЭУ.

При рассмотрении темы 5 необходимо провести сравнительный обзор достоинств и недостатков керамического ядерного топлива (оксидного, карбидного, нитридного и силицидного) в соответствии с требованиями.

Тема 6 нацелена на ознакомление с физическими, физико-химическими, теплофизическими и механическими свойствами оксидного ядерного топлива и их изменениями в рабочих условиях. Необходимо представлять поведение оксидных сердечников твэлов при выгорании. Знать закономерности эволюция структуры и перераспределение пористости. Иметь общие представления о процессах, приводящих к образованию структуры высокого выгорания. Знать закономерности радиационного доспекания и радиационной ползучести. Понимать механизмы перераспределения кислорода и актиноидов. Знать основные группы твердых продуктов деления, их физическое и химическое состояние. Понимать влияние выгорания на кислородный потенциал. Представлять себе механизмы и закономерности физико-химического взаимодействия топлива и продуктов деления с оболочкой твэла быстрого реактора. Разделять понятия «твердое» и «газовое» распухания. Знать механизмы и факторы, влияющие на распухание оксидных сердечников твэлов. Представлять механизмы приводящие к выходу ГПД из оксидных сердечников. Знать факторы, влияющие на выход ГПД. Понимать особенности механического взаимодействия оксидного топлива с оболочкой твэла на номинальной мощности и при маневрировании мощностью. Представлять перспективные пути повышения эксплуатационных характеристик оксидного ядерного топлива (уран-гадолиниевое оксидное топливо, пластичное оксидное топливо). Знать применение оксидного топлива в ЯЭУ.

При изучении темы 7 необходимо сформировать представления о дисперсном ядерном топливе (ДЯТ). Понимать различия в идеальной и реальной структуре ДЯТ. Знать требования к материалам дисперсных топливных композиций. Проанализировать термодинамически стабильное и метастабильное ДЯТ. Представлять основные закономерности поведения ДЯТ при выгорании и факторы, влияющие на радиационную стабильность ДЯТ. Знать свойства дисперсных композиций с матрицами из алюминия, нержавеющей стали, магния, молибдена и вольфрама и примеры их применения в ЯЭУ.

Тема 8 направлена на формирование понятия о микротвэлах (МТ). Необходимо знать структуру МТ, назначение слоев покрытия, требования к топливным сферам и материалам слоев покрытия, состав и свойства топливных микросфер. Сформировать представление о структуре, составах и свойствах пироуглеродных покрытий и покрытий из карбида кремния. Знать основные закономерности влияния на них облучения. Химическое состояние ПД в топливных микросферах. Утечка ПД из МТ и источники утечки. Понимать механизмы миграции и утечки ПД из топлива ВТГР. Знать основные виды повреждения микротвэлов в рабочих условиях (миграция топливных микросфер в МТ, коррозия карбидного слоя покрытия МТ продуктами деления). Иметь представление о напряженно-деформированном состоянии МТ, как о факторе их работоспособности. Знать применение дисперсного топлива на основе микротвэлов в ЯЭУ.

Тема 9 раскрывает достоинства и недостатки перспективных видов керамического ядерного топлива. Нужно знать основные карбиды урана и плутония, их свойства, поведение под облучением и возможные области применения в ЯЭУ. Знать свойства, поведение под облучением и возможные области применения нитридов урана и плутония. Обратить внимание на преимущества по сравнению с оксидным топливом.

При изучении темы 10 необходимо знать физические и ядерно-физические свойства алюминия. Понимать закономерности влияния легирующих элементов на коррозионную стойкость и механические свойства алюминия. Знать совместимость алюминия с топливом. Провести анализ радиационной стойкости. Знать сплавы алюминия, используемые в ЯЭУ.

При рассмотрении темы 11 необходимо знать физические и ядерно-физические магния. Понимать закономерности влияния легирующих элементов на коррозионную стойкость и механические свойства магния. Знать совместимость магния с топливом. Провести анализ радиационной стойкости. Знать сплавы магния, используемые в ЯЭУ.

При изучении темы 12 необходимо знать физические и ядерно-физические циркония. Понимать закономерности влияния легирования на коррозионную стойкость и механические свойства. Знать применяемые сплавы циркония. Рассмотреть коррозию сплавов циркония в теплоносителях. Обратить внимание на коррозионное растрескивание под напряжением в атмосфере осколочного йода и гидрирование циркониевых оболочек. Рассмотреть взаимодействие циркониевых оболочек с топливом. Понимать механизмы деформации циркониевых оболочек ТВЭЛов в результате радиационной ползучести и роста. Знать сплавы циркония с повышенными характеристиками.

Тема 13 посвящена железу и его взаимодействию с другими элементами. Необходимо знать классификацию и маркировку сталей. Иметь представление об особенностях жаропрочных коррозионно-стойких сталей аустенитного класса. Обратить внимание на явление коррозионного растрескивания под напряжением. Понимать механизмы и закономерности коррозии сплавов железа в жидкометаллических теплоносителях. Рассмотреть совместимость с ядерным топливом. Иметь представление о явлениях радиационного охрупчивания и вакансионного распухания. Знать применение аустенитных сталей в ЯЭУ.

При рассмотрении темы 14 необходимо знать химический состав и особенности структуры перлитных сталей. Понимать назначение термической обработки. Знать закономерности коррозии в воде. Провести анализ радиационной стойкости. Знать марки перлитных сталей, применяемых в ЯЭУ.

При изучении темы 15 необходимо знать методы получения реакторного графита. Иметь представления о его структуре, физических и механических свойствах. Обратить внимание на вопросы окисления графита. Знать закономерности влияния облучения на графит. Знать что такое запасенная энергия и в чем ее опасность. Понимать механизмы деградации и проанализировать критерии работоспособности реакторного графита. Знать примеры применения графита в ЯЭУ.

При рассмотрении темы 16 необходимо иметь четкое представление о материалах поглощающих нейтроны и их влиянии на регулирование работы реактора. Знать ядерно-физические свойства бора, его соединений и керметов. Знать ядерно-физические свойства кадмия и его сплавов. Знать ядерно-физические свойства гафния и его сплавов. Знать ядерно-физические свойства редкоземельных элементов и их оксидов. Знать назначение, составы и иметь представление о работоспособности регулирующих и поглощающих стержней ЯЭУ.

Семинарские занятия проводятся в виде открытых дискуссий, мозговых штурмов и групповых обсуждений согласно обозначенным выше темам. При подготовке к занятию студент получает у преподавателя задание по тематике семинара и готовит презентацию для публичного выступления в течение 10 минут, которое впоследствии коллективно обсуждается.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В настоящей дисциплине излагаются сведения об условиях работы, свойствах и поведении под облучением конструкционных и топливных материалов в активных зонах ядерных энергетических установок (ЯЭУ). Дисциплина знакомит студентов с требованиями к реакторным материалам, с их структурой и свойствами, с влиянием на них эксплуатационных факторов. По окончании изучения дисциплины студенты должны уметь обосновано выбирать оптимальные конструкционные и топливные материалы для ядерного реактора заданного типа, иметь представление о перспективных материалах.

Полученные знания будут необходимы для более глубокого понимания студентами, специализирующимися в дальнейшем на нейтронно-физических и тепло-гидравлических расчетах ядерных энергетических установок, процессов, явлений и, в особенности, факторов, ограничивающих работоспособность элементов активных зон ядерных реакторов. Полученная студентами информация будет крайне полезна при дальнейшем выполнении ими курсовых и дипломных проектов.

Автор(ы):

Тенишев Андрей Вадимович, к.т.н., доцент