

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Утверждено на заседании
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол от 28.08.2023 № 23.8

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Материаловедение и технология конструкционных материалов

название дисциплины

для студентов специальности

14.05.01 Ядерные реакторы и материалы

Код и название направления подготовки

специализации

Ядерные реакторы

Шифр, название специализации

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- освоение закономерностей процессов взаимодействия излучения с веществом, изменений физико-механических свойств материалов под воздействием облучения и на этой основе принципов выбора материалов для ядерно-энергетических установок. Предполагается рассмотрение структуры и свойств материалов различных ядерно-энергетических установок, разных узлов и конструкций.
- понять принципы выбора материалов для ядерно-энергетических установок, физику процессов индуцируемых облучением в веществе;
- рассмотреть основные закономерности взаимодействия излучения с веществом, радиационные эффекты,
- иметь представление о материалах, используемых в различных конструкциях ядерно-энергетических установок;
- прогнозирование поведения материалов для ядерно-энергетических установок в радиационном поле, выбора материала для элементов конструкций ЯЭУ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП)

Дисциплина реализуется в рамках обязательной части и относится к естественнонаучному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Математический анализ», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра».

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Аварийные и переходные процессы в ядерных энергетических установках».

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ОП обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-6	Способен к расчету и проектированию деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования	З-ПК-6 Знать методы расчета и проектирования деталей узлов и приборов У-ПК-6 Уметь выполнять расчет и проектирование деталей и узлов приборов в соответствии с техническим заданием В-ПК-6 Владеть навыками применения стандартных средств автоматизации проектирования при расчете и проектировании деталей узлов и приборов

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Экологическое воспитание	– формирование бережного отношения к природе и окружающей среде (В9)	Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного и общепрофессионального модулей: - развитие экологической культуры через учебные задания исследовательского характера, подготовку рефератов, докладов, презентаций, эссе, научно-образовательных проектов экологической направленности; - содействие развитию экологического мышления через изучение последствий влияния человека на окружающую среду.
Интеллектуальное воспитание	- формирование культуры умственного труда (В11)	Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.
Профессиональное и трудовое воспитание	- формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду (В14)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач; - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости; - формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплины «Экономические и правовые

		основы медицинской деятельности», «Экономические и правовые основы профессиональной деятельности», «Управление, организация и планирование производства» и др. для: - формирования навыков системного видения роли и значимости выбранной профессии в социально-экономических отношениях через контекстное обучение
	- формирование психологической готовности к профессиональной деятельности по избранной профессии (В15)	Использование воспитательного потенциала дисциплин общепрофессионального модуля для: - формирования устойчивого интереса и мотивации к профессиональной деятельности, потребности в достижении результата, понимания функциональных обязанностей и задач избранной профессиональной деятельности, чувства профессиональной ответственности через выполнение учебных, в том числе практических заданий, требующих строгого соблюдения правил техники безопасности и инструкций по работе с оборудованием в рамках лабораторного практикума.

5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Вид работы	Форма обучения (вносятся данные по реализуемым формам)	
	Очная	Заочная
	Семестр	
	№ 5	
Количество часов на вид работы:		
Контактная работа обучающихся с преподавателем	48	
Аудиторные занятия (всего)	48	
В том числе:		
<i>Лекции</i>	16	
<i>практические занятия</i>	16	
<i>лабораторные занятия</i>	16	
Промежуточная аттестация		
В том числе:		
<i>зачет</i>	+	
Самостоятельная работа обучающихся	60	
Всего (часы):	108	
Всего (зачетные единицы):	3	

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работыв часах (вносятся данные по реализуемым формам)									
		Очная форма обучения					Заочная форма обучения				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО	Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1.	Идеальные и реальные кристаллы	2	2	2		2					
2.	Основы теории сплавов	4	4	4		3					
3.	Основные требования к материалам ядерных реакторов	2	2	2		10					
4.	Влияние облучения на свойства материалов	2	2	2		10					
5.	Конструкционные материалы активной зоны реактора	2	2	2		8					
6.	Ядерные топливные материалы	2	2	2		8					
7.	Теплоносители и замедлители	1	1	1		8					
8.	Поглощающие материалы	1	1	1		11					
	Всего:	16	16	16		60					

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия /семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся

6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Идеальные и реальные кристаллы	Кристаллические и аморфные материалы. Классификация кристаллических материалов. Кристаллографические обозначения. Монокристаллы и поликристаллы. Классификация дефектов. Точечные дефекты и их роль в формировании свойств облученных материалов. Линейные дефекты, их роль в формировании свойств пластически деформированных материалов. Поверхностные дефекты.
2.	Основы теории сплавов	Фазы в сплавах. Фазовые диаграммы, экспериментальное построение и расчет фазовых диаграмм. Диаграмма железо-углерод. Типы фазовых превращений, их сущность, способы реализации: диффузионные и бездиффузионные превращения, явления возврата, отдыха, рекристаллизации, полиморфизма. Кристаллизация и фазовые превращения в твердом состоянии. Фазовые превращения в сплавах системы железо-углерод. Дисперсионное твердение.
3.	Основные требования к материалам ядерных реакторов	Сравнительный анализ типичных рабочих параметров активной зоны ядерных реакторов и других энергетических установок. Общие требования к материалам и конструкциям ядерных реакторов. Экономические, технологические и научные проблемы выбора материалов и конструкций элементов активной зоны.
4.	Влияние облучения на свойства материалов	Внутреннее строение твердого тела, типы связей, энергия связи. Кристаллическое строение, основные типы кристаллических решеток и их дефекты. Связь с механическими, теплофизическими и химическими свойствами. Анизотропия кристаллического строения и свойств. Классификация радиационных повреждений. Основные свойства точечных дефектов. Коллективные дефекты. Основные радиационные эффекты, их энергетическая, дозовая и температурная зависимости. Радиационная стойкость и радиационный ресурс.
5.	Конструкционные материалы активной зоны реактора	Сплавы магния, алюминия и циркония. Аустенитные и нержавеющие стали. Жаропрочные и тугоплавкие сплавы. Их ядерно-физические, теплофизические и механические характеристики. Легирующие добавки и их влияние на свойства сплавов. Совместимость и радиационная стойкость.
6.	Ядерные топливные материалы	<p>Определение и основные требования к ядерному топливу. Виды ядерного топлива и топливные циклы. Энерговыводка и глубина выгорания. Продукты деления и изменение нуклидного состава топлива.</p> <p>Структура и свойства металлического урана. Влияние облучения на свойства урана. Виды сплавов урана, их свойства и совместимость. Плутоний, как ядерное топливо. Получение плутония и его свойства. Сплавы плутония. Торий, его сплавы и их свойства. Анализ эксплуатации металлического топлива, проблемы и перспективы его использования в ядерной энергетике.</p>

		<p>Керамическое топливо. Классификация керамического топлива. Оксид урана и его свойства. Технология изготовления порошка UO_2. Производство изделий из компактной двуокиси урана и требования к ним. Терморadiационная стойкость и совместимость. Оксиды плутония и тория, смешанные оксиды, их свойства, достоинства и недостатки. Карбидное топливо и его свойства. Нитриды и другие виды керамического топлива. Сравнительный анализ и перспективы использования. Дисперсионное топливо. Виды, требования, свойства и перспективы использования.</p> <p>Альтернативные и редко используемые виды ядерного топлива</p>
7.	Теплоносители и замедлители	<p>Требования, предъявляемые к теплоносителям, основные виды и особенности теплоотвода. Рабочие параметры теплоносителей. Затраты на прокачку. Газовые теплоносители. Механизмы коррозии в газах. Меры защиты от коррозии. Свойства газовых теплоносителей (воздух, CO_2, He, He+N₂, диссоциирующие газы). Сравнительный анализ эксплуатации газовых теплоносителей, проблемы и перспективы использования. Жидкометаллические теплоносители. Механизмы коррозии в жидких металлах. Особенности применения и способы очистки. Свойства жидкометаллических теплоносителей (Na, K, Li, Pb, Hg, Sb, Bi, Ga). Органические теплоносители. Виды органических теплоносителей, их свойства и терморadiационная стойкость.</p> <p>Требования к водному теплоносителю. Теплофизические свойства воды и водяного пара. Замедляющие свойства тяжелой и легкой воды. Паровой коэффициент реактивности. Радиолит воды и меры его подавления. Коррозия в воде. Понятие двойного электрического слоя. Анодные и катодные реакции. Активация воды.</p> <p>Общие требования к замедлителям и терморadiационные параметры их эксплуатации. Свойства графита и его радиационная стойкость. Особенности реакторов с графитовым замедлителем. Энергия Вигнера. Характеристики бериллия, проблемы и перспективы его использования в ядерной энергетике.</p>
8.	Поглощающие материалы	<p>Поглощающие материалы и их свойства. Формы использования поглотителей и материалов защиты. Проблемы и перспективы создания новых конструкционных материалов активной зоны реактора.</p>

Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Идеальные и реальные кристаллы	<p>Кристаллические и аморфные материалы. Классификация кристаллических материалов. Кристаллографические обозначения. Монокристаллы и поликристаллы. Классификация дефектов. Точечные дефекты и их роль в</p>

		формировании свойств облученных материалов. Линейные дефекты, их роль в формировании свойств пластически деформированных материалов. Поверхностные дефекты.
2.	Основы теории сплавов	Фазы в сплавах. Фазовые диаграммы, экспериментальное построение и расчет фазовых диаграмм. Диаграмма железо-углерод. Типы фазовых превращений, их сущность, способы реализации: диффузионные и бездиффузионные превращения, явления возврата, отжига, рекристаллизации, полиморфизма. Кристаллизация и фазовые превращения в твердом состоянии. Фазовые превращения в сплавах системы железо-углерод. Дисперсионное твердение.
3.	Основные требования к материалам ядерных реакторов	Сравнительный анализ типичных рабочих параметров активной зоны ядерных реакторов и других энергетических установок. Общие требования к материалам и конструкциям ядерных реакторов. Экономические, технологические и научные проблемы выбора материалов и конструкций элементов активной зоны.
4.	Влияние облучения на свойства материалов	Внутреннее строение твердого тела, типы связей, энергия связи. Кристаллическое строение, основные типы кристаллических решеток и их дефекты. Связь с механическими, теплофизическими и химическими свойствами. Анизотропия кристаллического строения и свойств. Классификация радиационных повреждений. Основные свойства точечных дефектов. Коллективные дефекты. Основные радиационные эффекты, их энергетическая, дозовая и температурная зависимости. Радиационная стойкость и радиационный ресурс.
5.	Конструкционные материалы активной зоны реактора	Сплавы магния, алюминия и циркония. Аустенитные и нержавеющие стали. Жаропрочные и тугоплавкие сплавы. Их ядерно-физические, теплофизические и механические характеристики. Легирующие добавки и их влияние на свойства сплавов. Совместимость и радиационная стойкость.
6.	Ядерные топливные материалы	<p>Определение и основные требования к ядерному топливу. Виды ядерного топлива и топливные циклы. Энерговыводка и глубина выгорания. Продукты деления и изменение нуклидного состава топлива.</p> <p>Структура и свойства металлического урана. Влияние облучения на свойства урана. Виды сплавов урана, их свойства и совместимость. Плутоний, как ядерное топливо. Получение плутония и его свойства. Сплавы плутония. Торий, его сплавы и их свойства. Анализ эксплуатации металлического топлива, проблемы и перспективы его использования в ядерной энергетике.</p> <p>Керамическое топливо. Классификация керамического топлива. Оксид урана и его свойства. Технология изготовления порошка UO_2. Производство изделий из компактной двуокиси урана и требования к ним. Терморadiационная стойкость и совместимость. Оксиды плутония и тория, смешанные оксиды, их свойства, достоинства и недостатки. Карбидное топливо и его свойства. Нитриды и другие виды керамического топлива. Сравнительный анализ и перспективы использования. Дисперсионное топливо. Виды, требования, свойства и</p>

		перспективы использования. Альтернативные и редко используемые виды ядерного топлива
7.	Теплоносители и замедлители	<p>Требования, предъявляемые к теплоносителям, основные виды и особенности теплоотвода. Рабочие параметры теплоносителей. Затраты на прокачку. Газовые теплоносители. Механизмы коррозии в газах. Меры защиты от коррозии. Свойства газовых теплоносителей (воздух, CO₂, He, He+N₂, диссоциирующие газы). Сравнительный анализ эксплуатации газовых теплоносителей, проблемы и перспективы использования. Жидкометаллические теплоносители. Механизмы коррозии в жидких металлах. Особенности применения и способы очистки. Свойства жидкометаллических теплоносителей (Na, K, Li, Pb, Hg, Sb, Bi, Ga). Органические теплоносители. Виды органических теплоносителей, их свойства и терморadiационная стойкость.</p> <p>Требования к водному теплоносителю. Теплофизические свойства воды и водяного пара. Замедляющие свойства тяжелой и легкой воды. Паровой коэффициент реактивности. Радиолит воды и меры его подавления. Коррозия в воде. Понятие двойного электрического слоя. Анодные и катодные реакции. Активация воды.</p> <p>Общие требования к замедлителям и терморadiационные параметры их эксплуатации. Свойства графита и его радиационная стойкость. Особенности реакторов с графитовым замедлителем. Энергия Вигнера. Характеристики бериллия, проблемы и перспективы его использования в ядерной энергетике.</p>
8.	Поглощающие материалы	Поглощающие материалы и их свойства. Формы использования поглотителей и материалов защиты. Проблемы и перспективы создания новых конструкционных материалов активной зоны реактора.

Лабораторные занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Идеальные и реальные кристаллы	Кристаллические и аморфные материалы. Классификация кристаллических материалов. Кристаллографические обозначения. Монокристаллы и поликристаллы. Классификация дефектов. Точечные дефекты и их роль в формировании свойств облученных материалов. Линейные дефекты, их роль в формировании свойств пластически деформированных материалов. Поверхностные дефекты.
2.	Основы теории сплавов	Фазы в сплавах. Фазовые диаграммы, экспериментальное построение и расчет фазовых диаграмм. Диаграмма железо-углерод. Типы фазовых превращений, их сущность, способы реализации: диффузионные и бездиффузионные превращения, явления возврата, отдыха, рекристаллизации, полиморфизма. Кристаллизация и фазовые превращения в твердом состоянии. Фазовые превращения в сплавах

		системы железо-углерод. Дисперсионное твердение.
3.	Основные требования к материалам ядерных реакторов	Сравнительный анализ типичных рабочих параметров активной зоны ядерных реакторов и других энергетических установок. Общие требования к материалам и конструкциям ядерных реакторов. Экономические, технологические и научные проблемы выбора материалов и конструкций элементов активной зоны.
4.	Влияние облучения на свойства материалов	Внутреннее строение твердого тела, типы связей, энергия связи. Кристаллическое строение, основные типы кристаллических решеток и их дефекты. Связь с механическими, теплофизическими и химическими свойствами. Анизотропия кристаллического строения и свойств. Классификация радиационных повреждений. Основные свойства точечных дефектов. Коллективные дефекты. Основные радиационные эффекты, их энергетическая, дозовая и температурная зависимости. Радиационная стойкость и радиационный ресурс.
5.	Конструкционные материалы активной зоны реактора	Сплавы магния, алюминия и циркония. Аустенитные и нержавеющие стали. Жаропрочные и тугоплавкие сплавы. Их ядерно-физические, теплофизические и механические характеристики. Легирующие добавки и их влияние на свойства сплавов. Совместимость и радиационная стойкость.
6.	Ядерные топливные материалы	<p>Определение и основные требования к ядерному топливу. Виды ядерного топлива и топливные циклы. Энерговыводка и глубина выгорания. Продукты деления и изменение нуклидного состава топлива.</p> <p>Структура и свойства металлического урана. Влияние облучения на свойства урана. Виды сплавов урана, их свойства и совместимость. Плутоний, как ядерное топливо. Получение плутония и его свойства. Сплавы плутония. Торий, его сплавы и их свойства. Анализ эксплуатации металлического топлива, проблемы и перспективы его использования в ядерной энергетике.</p> <p>Керамическое топливо. Классификация керамического топлива. Оксид урана и его свойства. Технология изготовления порошка UO_2. Производство изделий из компактной двуокиси урана и требования к ним. Терморadiационная стойкость и совместимость. Оксиды плутония и тория, смешанные оксиды, их свойства, достоинства и недостатки. Карбидное топливо и его свойства. Нитриды и другие виды керамического топлива. Сравнительный анализ и перспективы использования. Дисперсионное топливо. Виды, требования, свойства и перспективы использования.</p> <p>Альтернативные и редко используемые виды ядерного топлива</p>
7.	Теплоносители и замедлители	Требования, предъявляемые к теплоносителям, основные виды и особенности теплоотвода. Рабочие параметры теплоносителей. Затраты на прокачку. Газовые теплоносители. Механизмы коррозии в газах. Меры защиты от коррозии. Свойства газовых теплоносителей (воздух, CO_2 , He, He+N ₂ , диссоциирующие газы). Сравнительный анализ эксплуатации газовых теплоносителей, проблемы и

		<p>перспективы использования. Жидкометаллические теплоносители. Механизмы коррозии в жидких металлах. Особенности применения и способы очистки. Свойства жидкометаллических теплоносителей (Na, K, Li, Pb, Hg, Sb, Bi, Ga). Органические теплоносители. Виды органических теплоносителей, их свойства и терморadiационная стойкость.</p> <p>Требования к водному теплоносителю. Теплофизические свойства воды и водяного пара. Замедляющие свойства тяжелой и легкой воды. Паровой коэффициент реактивности. Радиолит воды и меры его подавления. Коррозия в воде. Понятие двойного электрического слоя. Анодные и катодные реакции. Активация воды.</p> <p>Общие требования к замедлителям и терморadiационные параметры их эксплуатации. Свойства графита и его радиационная стойкость. Особенности реакторов с графитовым замедлителем. Энергия Вигнера. Характеристики бериллия, проблемы и перспективы его использования в ядерной энергетике.</p>
8.	Поглощающие материалы	<p>Поглощающие материалы и их свойства. Формы использования поглотителей и материалов защиты. Проблемы и перспективы создания новых конструкционных материалов активной зоны реактора.</p>

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Малышкин В.Г. Топливо и ТВЭЛы. - Обнинск: ИАТЭ, 1994. 178с.
2. Соловьев С.П., Хмелевская В.С. Механические, коррозионные и радиационные свойства материалов для ядерных энергетических установок. Учебное пособие по курсу «Материалы ядерных энергетических установок», - Обнинск, ИАТЭ, 1991, 174 с.
3. Электронный учебно-методический комплекс дисциплины «Материаловедение: материалы ядерных установок» – <http://iate.obninsk.ru/node/5230>

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
Текущий контроль			
1.	Идеальные и реальные кристаллы. Основы теории сплавов. Основные требования к материалам ядерных реакторов Влияние облучения на свойства материалов	З-ПК-6; У-ПК-6; В-ПК-6	Коллоквиум №1
2.	Конструкционные материалы активной	З-ПК-6; У-ПК-6; В-ПК-6	Коллоквиум №2

	зоны реактора Ядерные топливные материалы Теплоносители и замедлители Поглощающие материалы		
Промежуточный контроль			
	Зачет	З-ПК-6; У-ПК-6; В-ПК-6	Вопросы к зачету
Всего: 3			

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

8.2.1. Зачет

а) типовые вопросы (задания):

1. Механические, теплофизические и ядерно-физические свойства твердого тела и их связь с типом кристаллической решетки. Анизотропия свойств.
2. Радиационно-стимулированные дефекты кристаллической решетки. Ионизация, точечные дефекты, температурные и тепловые пики, замедляющие соударения, каскад смещений.
3. Радиационное формоизменение. Свеллинг, газовое распухание, радиационный рост.
4. Механические, теплофизические и ядерно-физические свойства металлического урана и его поведение под облучением. Сплавы урана.
5. Механические, теплофизические и ядерно-физические свойства плутония и его применение в ядерной энергетике.
6. Механические, теплофизические и ядерно-физические свойства тория и его применение в ядерной энергетике.
7. Керамическое ядерное топливо, его свойства и стойкость при облучении.
8. Дисперсионное топливо и его свойства.
9. Достоинства и недостатки газовых теплоносителей.
10. Жидкометаллические теплоносители и их свойства.
11. Теплофизические и ядерно-физические свойства воды и водяного пара.
12. Коррозия в воде. Анодные и катодные реакции.
13. Свойства органических теплоносителей.
14. Основные виды замедлителей и их свойства.
15. Цирконий и сплавы на его основе.
16. Алюминиевые и магниевые сплавы. Их применение в ядерной энергетике.
17. Основные требования к ТВЭЛ и их типы.
18. Аустенитные, жаропрочные и нержавеющей стали на основе W, Ti, Ni и Cu.
19. Основные виды ядерного топлива и требования к нему.
20. Поглощающие и защитные материалы, формы их использования.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

в) описание шкалы оценивания:

Оценка	Критерии оценки
36-40	Студент должен: - продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний

	<p>программного материала;</p> <ul style="list-style-type: none"> - исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; - правильно формулировать определения; - продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой; - уметь сделать выводы по излагаемому материалу.
30-35	<p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> - продемонстрировать достаточно полное знание программного материала; - продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; - продемонстрировать умение ориентироваться в литературе; - уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.
24-29	<p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> - продемонстрировать общее знание изучаемого материала; - показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; - уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.
23 и меньше	<p>Студент демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> - незнание значительной части программного материала; - не владение понятийным аппаратом дисциплины; - существенные ошибки при изложении учебного материала; - неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - неумение делать выводы по излагаемому материалу.

8.2.2. Коллоквиум №1

а) типовые задания (вопросы) - образец:

1. Перечислите факторы влияющие на величину радиационных повреждений.
2. Перечислите основные типы кристаллических решеток.
3. Какими внешними факторами определяется радиационный ресурс материала?

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

в) описание шкалы оценивания:

Отметка «отлично» (в баллах от 38 до 40) ставится, если:

- изученный материал изложен полно, определения даны верно;
- ответ показывает понимание материала;
- обучающийся может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, не только по учебнику и конспекту, но и самостоятельно составленные.

Отметка «хорошо» (в баллах от 34 до 37) ставится, если:

- изученный материал изложен достаточно полно;
- при ответе допускаются ошибки, заминки, которые обучающийся в состоянии исправить самостоятельно при наводящих вопросах;
- обучающийся затрудняется с ответами на 1-2 дополнительных вопроса.

Отметка «удовлетворительно» (в баллах от 30 до 33) ставится, если:

- материал изложен неполно, с неточностями в определении понятий или формулировке определений;
- материал излагается непоследовательно;
- обучающийся не может достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- на 50% дополнительных вопросов даны неверные ответы.

Отметка «неудовлетворительно» (в баллах до 30) ставится, если:

- при ответе обнаруживается полное незнание и непонимание изучаемого материала;
- материал излагается неуверенно, беспорядочно;
- даны неверные ответы более чем на 50% дополнительных вопросов.

8.2.3. Коллоквиум №2

а) типовые задания (вопросы) - образец:

1. Почему наиболее распространенное топливо ЯЭУ – компактная двуокись урана?
2. Формы использования поглотителей и материалов защиты.
3. Алюминиевые сплавы и их применение в ядерной энергетике.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

в) описание шкалы оценивания:

Отметка «отлично» (в баллах от 38 до 40) ставится, если:

- изученный материал изложен полно, определения даны верно;
- ответ показывает понимание материала;
- обучающийся может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, не только по учебнику и конспекту, но и самостоятельно составленные.

Отметка «хорошо» (в баллах от 34 до 37) ставится, если:

- изученный материал изложен достаточно полно;
- при ответе допускаются ошибки, заминки, которые обучающийся в состоянии исправить самостоятельно при наводящих вопросах;
- обучающийся затрудняется с ответами на 1-2 дополнительных вопроса.

Отметка «удовлетворительно» (в баллах от 30 до 33) ставится, если:

- материал изложен неполно, с неточностями в определении понятий или формулировке определений;
- материал излагается непоследовательно;
- обучающийся не может достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- на 50% дополнительных вопросов даны неверные ответы.

Отметка «неудовлетворительно» (в баллах до 30) ставится, если:

- при ответе обнаруживается полное незнание и непонимание изучаемого материала;
- материал излагается неуверенно, беспорядочно;
- даны неверные ответы более чем на 50% дополнительных вопросов.

8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (КТ № 1) и контрольная точка № 2 (КТ № 2).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	Контрольная точка № 1		
	Коллоквиум № 1	18	30
	Контрольная точка № 2		
	Коллоквиум № 2.	18	30
Промежуточный	Зачет		
	Билеты к зачету	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств.

Перед каждой процедурой оценивания знаний проводится устный опрос на практическом занятии и затрагивает как тематику лекционного материала, так и типовые задания коллоквиумов. Применяется групповое оценивание ответа или оценивание преподавателем.

По окончании освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация в виде экзамена, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Зачет предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний.

Оценка сформированности компетенций на зачете для тех обучающихся, которые не набрали необходимого количества баллов (60) по оценочным средствам, пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций с помощью оценочных средств текущего контроля во время изучения дисциплины, проводится после дополнительной проверки компетенций преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на дополнительных занятиях.

8.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоения учебной дисциплины
90-100	5- «отлично»/ «зачтено»	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»/ «зачтено»	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»/ «зачтено»	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			
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	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

9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная учебная литература:

1. Физическое материаловедение: Учебник для вузов. / Под общей ред. Б.А. Калина. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. Том 6. Конструкционные материалы ядерной техники. / Б.А. Калинин, П.А. Платонов, Ю.В. Тузов, И.И. Чернов, Я.И. Штромбах. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – 736 с. Экземпляры: ХР(49), ЧЗ(1)
2. Физическое материаловедение: Учебник для вузов. / Под общей ред. Б.А. Калина. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. Том 7. Ядерные топливные материалы. / В.Г. Баранов, Ю.Г. Годин, А.В. Тенишев, А.В. Хлунов, В.В. Новиков. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – 640 с. Экземпляры: ХР(49), ЧЗ(1)
3. Физическое материаловедение: Учебник для вузов. / Под общей ред. Б.А. Калина. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. Том 4. Радиационная физика твердого тела. Компьютерное моделирование / М.Г. Ганченкова, Е.Г. Григорьев, Б.А. Калинин, Г.И. Соловьев, А.Л. Удовский, В.Л. Якушин. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – 624 с. Экземпляры: ХР(49), ЧЗ(1)

б) дополнительная учебная литература:

1. Соловьев С.П., Хмелевская В.С. Механические, коррозионные и радиационные свойства материалов для ядерных энергетических установок. Учебное пособие по курсу «Материалы ядерных энергетических установок», - Обнинск, ИАТЭ, 1991, 174 с. Экземпляры: ХР(49), ЧЗ(1)

10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<http://ibooks.ru/>
<http://e.lanbook.com/>

<http://www.biblio-online.ru/>
<http://kuperbook.biblioclub.ru>
<http://www.studentlibrary.ru>
<http://library.mephi.ru>

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При подготовке к практическим занятиям рекомендуется проработать соответствующие темы лекционного курса, а также ознакомиться с литературой.

При изучении дисциплины рекомендуется особо обратить внимание на следующие вопросы:

1. Требования, предъявляемые к материалам ЯЭУ.
2. Перлитные стали и их место в реакторостроении.
3. Радиационные эффекты в реакторных материалах.
4. Алюминий и его место в реакторостроении.
5. Низкотемпературное радиационное охрупчивание.
6. Магний и его место в реакторостроении.
7. Жаропрочность и ее основные характеристики.
8. Цирконий и его место в реакторостроении.
9. Высокотемпературное радиационное охрупчивание.
10. Мартенситные стали и их место в реакторостроении.
11. Вакансионное распухание конструкционных материалов.
12. Аустенитные нержавеющие стали. Применение в реакторостроении.
13. Радиационный рост реакторных материалов.
14. Металлический уран. Его поведение при ЦТО.
15. Межкристаллитная коррозия.
16. Поведение урана и его сплавов под облучением.
17. Коррозионное растрескивание.
18. Сравнительный анализ топливных материалов.
19. Теплофизические свойства материалов и их влияние на работоспособность элементов ЯЭУ.
20. Графит и его место в атомной энергетике.
21. Коррозионная стойкость сплавов на основе Zr.
22. Диоксид урана и его свойства.
23. Ядерно-физические свойства материалов.
24. Тугоплавкие металлы и их место в реакторостроении.

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

12.1. Перечень информационных технологий

- Консультирование посредством электронной почты.
- Использование электронных презентаций при проведении практических занятий.

12.2. Перечень программного обеспечения

- Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель «WindowsMediaPlayer»).
- Программы для демонстрации и создания презентаций («MicrosoftPowerPoint»).

13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Аудиторный фонд института.
2. Библиотечный фонд института.
4. Лаборатория металлографического анализа.
5. Лаборатория термического анализа.
6. Лаборатория микроскопических исследований.

14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

- Планомерная организация последовательности различных видов аудиторных занятий (лекций, практических занятий и лабораторных работ) в сочетании с внеаудиторной работой студента.
- При изложении всех разделов (тем) указание на связь с учебным материалом других дисциплин учебного плана, а также практическими приложениями.
- Систематические индивидуальные консультации.
- Стимулирование использования в процессе обучения компьютерной техники и информационных технологий.

14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки

Самостоятельная деятельность студента рассматривается как вид учебного труда, позволяющий целенаправленно формировать и развивать его самостоятельность как личностное качество. Самостоятельная работа студента организована в следующих формах:

- проработка учебного (теоретического) материала;
- подготовка к семинарам;
- подготовка ко всем видам текущего контроля ;
- подготовка к зачету.

Контроль самостоятельной работы осуществляется при проведении практических занятий, текущего контроля.

15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а также, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний студентов на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.)

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае студент предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

Для **лиц с нарушением зрения** допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а также использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний студентов на семинарских занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия студент может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия студент должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем студент в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

Программу составил:

_____ В.Г. Малышкин, доцент, к.ф.м.н., доцент

Рецензент:

_____ И.А. Антошина, доцент, к.ф.м.н.