

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Димитровградский инженерно-технологический институт –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ДИТИ НИЯУ МИФИ)**

**УТВЕРЖДАЮ:**

Декан физико-технического факультета

(в состав, которого входит кафедра-составитель)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

*Б1.В.ОД.2.2 Конструкционные материалы ядерных реакторов*

Направление подготовки \_\_\_\_\_ *14.04.02 Ядерные физика и технологии*

Квалификация выпускника \_\_\_\_\_ *Магистр*

Форма обучения \_\_\_\_\_ *очная*

Выпускающая кафедра \_\_\_\_\_ *Кафедра Ядерных реакторов и материалов*

Кафедра-разработчик рабочей программы \_\_\_\_\_ *Кафедра ядерных реакторов и материалов*

Семестр	Трудоемкость час. (ЗЕТ)	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз., час./зачет)
2	108 (3)	19	35	0	27	экзамен, 27
<b>Итого</b>	<b>108 (3)</b>	<b>19</b>	<b>35</b>	<b>0</b>	<b>27</b>	<b>экзамен, 27</b>

Димитровград  
2023 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО .....	3
3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	4
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	7
5.2. Информационные технологии .....	8
6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ) .....	8
7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	10
8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	11
9 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	11

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Курс «Конструкционные материалы ядерных реакторов» посвящен изучению основных физико-механических и эксплуатационных свойств материалов, применяемых в ядерной энергетике в качестве конструкционных.

Цель – формирование у студентов целостных представлений о применяемых в ядерных реакторах конструкционных материалах и закономерностях изменения их свойств при воздействии облучения и коррозии, их совместимости с различными видами ядерного топлива.

Основные задачи учебной дисциплины – изучение структуры, состава и свойств основных конструкционных материалов, применяемых в реакторостроении; изучение критических физических процессов, влияющих на свойства материалов; изучение эволюции структуры и свойств материалов при выгорании топлива, протекании коррозионных процессов и облучении частицами различного типа; изучение совместимости конструкционных материалов с различными видами ядерного топлива. Данные задачи выполняются непосредственно при прослушивании лекций, при самостоятельной работе с технической и научной литературой, учебными пособиями, справочниками.

Ядерная энергетика является важной составной частью производства электроэнергии. Ключевыми вопросами развития ядерной энергетики являются безопасность и экономичность. Именно поведение конструкционных материалов эксплуатируемых и проектируемых ядерных реакторов и определяет в значительной степени безопасную и экономичную работу атомных станций. Роль конструкционных материалов активной зоны и корпусов реакторов состоит в обеспечении минимальных последствий возможных аварийных ситуаций, т.е., по существу, в решении главных вопросов безопасности реакторов.

Свойства конструкционных материалов зависят от целого ряда внутренних (состав, структура, внутренние напряжения) и внешних факторов (температура, тип ионизирующего излучения и энергия частиц, присутствие и величина внешних напряжений, характер коррозионной среды, тип используемого ядерного топлива). Изучение этих вопросов является основой реакторного материаловедения.

Знание материала дисциплины необходимо при выполнении НИРС, работе над магистерской диссертацией, а также при практической работе магистра по специальности НИРС.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Конструкционные материалы ядерных реакторов» относится к вариативной части Блока 1. Дисциплина «Конструкционные материалы ядерных реакторов» изучается во 2-м семестре.

Знания, умения и навыки, полученные при освоении учебной дисциплины «Конструкционные материалы ядерных реакторов», позволяют студенту свободно ориентироваться в сложных проблемах работоспособности ядерного топлива, конструкций ЯЭУ и методах организации научно-исследовательского процесса по изучению последствий воздействия ионизирующего излучения на свойства конструкционных материалов.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Код компетенции	Содержание компетенции
-----------------	------------------------

ПК-8	способность провести расчет, концептуальную и проектную проработку современных физических установок и приборов
ПК-22	способность анализировать технологический процесс как объект управления

#### Профессиональные компетенции ОС НИЯУ МИФИ (ИСК)

Код компетенции	Содержание компетенции
ПСК-1	способностью проектировать и создавать новые продукты и системы

В результате изучения дисциплины студент должен:

#### 1) Знать:

3.1: основные типы конструкционных и топливных материалов ядерных реакторов и требования, предъявляемые к ним;

3.2: диаграммы состояния сплавов на основе железа, циркония, алюминия, и оптимальные составы сплавов;

3.3: основные закономерности критических физических процессов, влияющих на свойства материалов;

3.4: влияние легирования на структуру и прочностные характеристики, а также коррозионную стойкость материалов в различных агрессивных средах

#### 2) Уметь:

У.1: прогнозировать поведение структуры и свойств основных конструкционных материалов в различных условиях их работы;

У.2: анализировать диаграммы состояний наиболее распространенных сплавов и определять по ним возможное состояние структуры и состава сплавов;

У.3: реализовывать комплексный подход к решению проблем в области материаловедения;

У.4: применять базовые научно-технические знания для решения научных и прикладных задач в области реакторного материаловедения

#### 3) Владеть:

В.1; приемами организации НИР и принципами прогнозирования свойств конструкционных материалов ядерных реакторов, исходя из данных об их условиях работы;

В.2: базовыми научно-техническими знаниями для решения научных и прикладных задач в области радиационного материаловедения;

В.3: Алгоритмами выбора наиболее эффективных решений материаловедческих задач при создании узлов и конструкций, работающих в определенных условиях;

## 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (кредитов), 144 часов.

Таблица 4.1

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Максимальный балл за раздел
		Лекции	Практ. работы	Лаб. работы	В т.ч. в ИФ	Самостоятельная			

						работа	форма)		
2 семестр									
1.	Общая характеристика конструкционных материалов ядерных реакторов.	3	5		1	3	КВ, УО, Р	КР	7
2.	Коррозионные процессы	2	4			3	КВ, УО, Р	КР	8
3.	Цирконий и его сплавы.	4	6		1	4	КВ, УО, Р	КР	7
4.	Сплавы на основе железа	2	4		1	3	КВ, УО, Р	КР	8
5.	Хромистые жаропрочные и нержавеющие стали.	2	4		1	4	КВ, УО, Р	КР	7
6.	Жаропрочные нержавеющие хромоникелевые стали и никелевые сплавы	2	4		1	3	КВ, УО, Р	КР	8
7.	Тугоплавкие металлы и их сплавы.	2	4		1	3	КВ, УО, Р	КР	7
8.	Ядерное топливо и его совместимость с конструкционными материалами.	2	4		1	4	КВ, УО, Р	КР	8
	Экзамен								40
Итого за 1 семестр:		19	35	0	18	27			100

КВ – Контрольные вопросы, УО – Устный опрос, КР – Контрольная работа, Р – Реферат.

## 4.2 Содержание дисциплины

### 4.2.1 Наименование тем, их содержание и объём в часах

#### Общая характеристика конструкционных материалов ядерных реакторов (3 часа).

Конструкционная схема ядерной энергетической установки (ЯЭУ). Термоядерные реакторы. Классификация ЯЭУ. Требования, предъявляемые к материалам узлов, находящихся внутри и вне активной зоны. Конструкционные материалы, применяемые в реакторостроении. Основные механические свойства, совместимость и радиационная стойкость конструкционных материалов ядерных реакторов.

#### Коррозионные процессы (2 часа).

Классификация коррозионных процессов. Показатели коррозии. Химическая коррозия металлов. Электрохимическая коррозия металлов. Методы защиты от коррозии.

#### Цирконий и его сплавы. (4 часа).

Общая характеристика циркония. Влияние легирования на механические свойства и жаропрочность. Взаимодействие с кислородом. Влияние примесей и легирующих элементов

на окисление. Взаимодействие с водородом, углекислым газом, органическими и жидкометаллическими теплоносителями. Влияние облучения на механические, физические свойства и коррозионную стойкость

#### Сплавы на основе железа (2 часа).

Физико-химические свойства железа. Система Fe-Fe<sub>3</sub>C. Превращения в стали при охлаждении. Классификация и маркировка сталей. Примеси и легирующие элементы в стали. Сплавы системы Fe-Cr, Fe-Ni, Fe-Cr-Ni. Влияние легирования на коррозионную и жаростойкость. Хромистые жаропрочные и нержавеющие стали. Перлитные стали. Мартенситные стали. Полуферритные и ферритные стали. Влияние нейтронного облучения на механические свойства. Коррозионная стойкость.

#### Хромистые жаропрочные и нержавеющие стали (2 часа).

Хромистые жаропрочные и нержавеющие стали. Перлитные стали. Мартенситные стали. Полуферритные и ферритные стали. Влияние нейтронного облучения на механические свойства. Коррозионная стойкость.

#### Жаропрочные нержавеющие хромоникелевые стали и никелевые сплавы (2 часа).

Структура жаропрочных нержавеющих хромоникелевых сталей. Общая характеристика никеля. Сплавы никеля. Влияние легирования на механические свойства. Влияние нейтронного облучения на свойства жаропрочных нержавеющих хромоникелевых сталей. Коррозионное растрескивание и межкристаллитная коррозия. Коррозионная стойкость в воде и паре, в жидкометаллических теплоносителях.

#### Тугоплавкие металлы и их сплавы (2 часа).

Свойства тугоплавких металлов. Сплавы на основе ванадия, тантала, ниобия, хрома, молибдена, вольфрама. Влияние облучения на механические свойства. Окисление тугоплавких металлов. Взаимодействие с жидкометаллическими теплоносителями.

#### Ядерное топливо и его совместимость с конструкционными материалами (2 часа).

Состав ядерного топлива, его классификация. Требования к ядерному топливу. Совместимость урана и его соединений с конструкционными материалами оболочек твэлов. Влияние облучения на уран и его соединения. Коррозионное взаимодействие с продуктами деления.

### 4.2.2 Темы практических занятий, их содержание и объём в часах

1. Специфические требования к конструкционным материалам ЯЭУ, обусловленные эксплуатационными особенностями. (3 часа)
2. Методы исследования структурно-фазового состава конструкционных материалов. (3 часа)
3. Методы механических испытаний и обработка результатов. (3 часа)
4. Экспериментальные методы внутриреакторного исследования свойств конструкционных материалов. (3 часа)
5. Методы оценки уровня радиационного воздействия ионизирующего излучения на материалы. TRN-стандарт. (3 часа)
6. Методы исследования эксплуатационных свойств конструкционных материалов на отработавших полномасштабных ТВС и твэлах. (4 часа)
7. Коррозия конструкционных материалов в водном теплоносителе. (3 часа)
8. Коррозия конструкционных материалов в жидкометаллических теплоносителях. (3 часа)
9. Распухание и радиационная ползучесть конструкционных материалов как факторы, определяющие работоспособность оборудования АЗ и корпусов ЯЭУ. (3 часа)
10. Низко- и высокотемпературное радиационное охрупчивание конструкционных материалов: металлургические и технологические методы снижения отрицательного воздействия.
11. Анализ радиационных и эксплуатационных эффектов, определяющих работоспособность сплавов циркония. (3 часа)

## 12. Современные тенденции создания толерантного ядерного топлива. (4 часа)

### 4.3 Организация самостоятельной работы студентов

Учебным планом дисциплины на самостоятельную работу студентов отводится 27 часов во 2 семестре.

В качестве самостоятельной работы студент выполняет задания, указанные в методических материалах. В качестве самостоятельной работы студент может: а) подготовить эссе, в котором изложен материал о новых подходах в разработке конструкционных материалов; б) изучить некоторую технологию, программную систему и др. средство, связанное с новыми методами исследования свойств, применить для решения практической задачи, либо создать кейс, демонстрирующий применение этого средства.

Также предусмотрено время самостоятельной работы для подготовки к итоговым контрольным по разделам.

Вид самостоятельной работы	Самостоятельная работа студента (СРС)
<b>1 семестр</b>	
Изучение теоретического материала (задания лектора)	3
Подготовка к контрольным работам и вопросам по материалам лекций	4
Подготовка рефератов и их защита	10
Экзамен	10
<b>Итого по учебному плану за 2 семестр</b>	<b>27</b>

Отчетность по самостоятельной работе – опрос студента на лекционных и/или лабораторных занятиях, экзамене и решение контрольных заданий.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### 5.1. Образовательные технологии

При реализации программы курса «Конструкционные материалы ядерных реакторов» используются различные образовательные технологии. Аудиторные занятия проводятся в форме лекций. Практические занятия проводятся в форме семинаров по коллективному отысканию решения задач.

Используются следующие типы проведения лекционных занятий:

- контекстное обучение;
- междисциплинарное обучение.
- информационная лекция;
- лекция-визуализация;
- лекция с разбором конкретной задачи.

Используются следующие типы проведения практических занятий:

- мозговой штурм. Наиболее свободная форма дискуссии, позволяющей быстро включить в работу всех членов учебной группы. Используется там, где требуется генерация разнообразных идей, их отбор и критическая оценка. Этапы продуцирования идей и их анализа намеренно разделены: во время выдвижения идей запрещается их критика. Внешне одобряются и принимаются все высказанные идеи. Больше ценится количество выдвинутых идей, чем их качество. Идеи могут высказываться без обоснования;

- работа в группе: совместная работа студентов при аудиторном решении задач;
- занятия с применением затрудняющих условий (временные ограничения).

## 5.2. Информационные технологии

Для лекционных демонстраций используется следующее программное обеспечение:

- средство подготовки презентаций Microsoft PowerPoint;
- проигрыватель Windows Media Player.

## 6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)

### 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Примерные задачи выдаются студентам в начале семестра. Преподаватель обращает внимание студентов на особенности контрольных задач в ходе лекций. Текущий контроль проводится в виде разбора вопросов и заданий итоговой контрольной на лекциях и на практических работах. По каждому разделу проводится промежуточная аттестация.

#### 6.1.1 Модели контролируемых компетенций

Оценочные средства для контроля по дисциплине направлены на проверку знаний и умений студентов, являющихся основой формирования у обучающихся компетенции:

ПК-11 Способность к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам.

ПК-21 Готовность разрабатывать эффективную стратегию и формировать активную политику риск-менеджмента на предприятии.

В результате изучения дисциплины студент должен:

#### 1) Знать:

З.1: основные типы конструкционных и топливных материалов ядерных реакторов и требования, предъявляемые к ним;

З.2: диаграммы состояния сплавов на основе железа, циркония, алюминия, и оптимальные составы сплавов;

З.3: основные закономерности критических физических процессов, влияющих на свойства материалов;

З.4: влияние легирования на структуру и прочностные характеристики, а также коррозионную стойкость материалов в различных агрессивных средах

#### 2) Уметь:

У.1: прогнозировать поведение структуры и свойств основных конструкционных материалов в различных условиях их работы;

У.2: анализировать диаграммы состояний наиболее распространенных сплавов и определять по ним возможное состояние структуры и состава сплавов;

У.3: реализовывать комплексный подход к решению проблем в области материаловедения;

У.4: применять базовые научно-технические знания для решения научных и прикладных задач в области реакторного материаловедения

#### 3) Владеть:

В.1: приемами организации НИР и принципами прогнозирования свойств конструкционных материалов ядерных реакторов, исходя из данных об их условиях работы;

В.2: базовыми научно-техническими знаниями для решения научных и прикладных задач в области радиационного материаловедения;

В.3: Алгоритмами выбора наиболее эффективных решений материаловедческих задач при создании узлов и конструкций, работающих в определенных условиях;

#### 6.1.2. Программа оценивания контролируемой компетенции:



№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	
			текущий	рубежный
1.	Общая характеристика конструкционных материалов ядерных реакторов.	ПК-8, ПК-22, ПСК-1	КВ, УО, Р	КР
2.	Коррозионные процессы	ПК-8, ПК-22, ПСК-1	КВ, УО, Р	КР
3.	Цирконий и его сплавы.	ПК-8, ПК-22, ПСК-1	КВ, УО, Р	КР
4.	Сплавы на основе железа	ПК-8, ПК-22, ПСК-1	КВ, УО, Р	КР
5.	Хромистые жаропрочные и нержавеющие стали.	ПК-8, ПК-22, ПСК-1	КВ, УО, Р	КР
6.	Жаропрочные нержавеющие хромоникелевые стали и никелевые сплавы	ПК-8, ПК-22, ПСК-1	КВ, УО, Р	КР
7.	Тугоплавкие металлы и их сплавы.	ПК-8, ПК-22, ПСК-1	КВ, УО, Р	КР
8.	Ядерное топливо и его совместимость с конструкционными материалами.	ПК-8, ПК-22, ПСК-1	КВ, УО, Р	КР

Формами аттестации по дисциплине являются контрольные работы, контрольные вопросы, устный опрос, реферат и экзамен во 2-м семестре.

## 6.2. Оценочные средства для входной, текущей и промежуточной аттестации (аннотация).

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Контрольные вопросы	Проработка программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, решение задач по алгоритму и коллективно методом мозгового штурма.	Проблемные вопросы
2	Устный опрос	Средство, позволяющее оценить теоретическую подготовленность и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.	Проблемные вопросы
3	Контрольная работа	Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме.	Фонд заданий

		Составление аннотаций к прочитанным литературным источникам и др.	
4	Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.	Список примерных тем рефератов

## **7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины**

#### *Основная*

1. Физическое материаловедение. / Под общ. ред. Б.А. Калина. Учебник для вузов. Том 6. Ч. 2. – М.: МИФИ, 2008.
2. Конструкционные материалы ядерных реакторов. В 2-х ч. Ч. II. Структура, свойства, назначение. Учебное пособие для вузов. Под ред. М.Н. Бескорвайного. М. Атомиздат. 1977 256 с.
3. Зеленский В.Ф., Неклюдов И.М., Черняева Т.П. Радиационные дефекты и набухание металлов. Киев. Наук.думка, 1988, 256 с.
4. В.Н. Воеводин, И.М. Неклюдов. Эволюция структурно-фазового состояния и радиационная стойкость конструкционных материалов. Киев. Наук.думка, 2006, 376 с.
5. А.И. Малахов, А.П. Жуков. Основы материаловедения и теория коррозии. М.: Высшая школа. 1978, 192 с.
6. С.В.Павлов ТВС и ТВЭЛЫ ядерных реакторов. Уч.пособие. Димитровград.Издательство ДИТИ НИЯУ МИФИ. 2017.
7. Horst E. Friedrich, Barry L.Mordike. Magnesium Technology: Metallurgy, Design Data, Applications. Springer, Berlin, 2006, 638 p.
8. 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.
9. Годин Ю.Г., Тенишев А.В. Карбидное ядерное топливо: Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2007.
10. М а л ы г и н В. Б. Эксплуатационные свойства материалов для обоснования проектов ТВЭЛов энергетических реакторов: *Учебное пособие*. М.: МИФИ, 2007. — 124 с.

#### *Дополнительная*

1. Конобеевский С.Т. Действие облучения на материалы. М. Атомиздат. 1967
2. Скоров Д.М., Бычков Ю.Ф., Дашковский А.И. Реакторное материаловедение. М. Атомиздат. 1979
3. В.С. Синявский, В.Д. Вальков, В.Д. Калинин. Коррозия и защита алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1986, 368 с.
4. И.Я. Емельянов, В.И. Михан, В.И. Солонин. Конструирование ядерных реакторов. М.: Энергоиздат. 1982, 400 с.
5. Ф.Я. Овчинников, Л.И. Голубев, В.Д. Добрынин, В.И. Клочков, В.В. Семенов, В.М. Цыбенко. Эксплуатационные режимы водо-водяных энергетических ядерных реакторов. М.: Атомиздат, 1977
6. Будов В.Ф., Фарафонов В.А. Конструирование основного оборудования АЭС. М.: Энергоатомиздат. 1985
7. Зверков В.В. Эксплуатация ядерного топлива на АЭС с ВВЭР. - М.: Энергоатомиздат, 1989.

### **7.2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. <http://www.merphi.ru/> раздел полнотекстовая библиотека – сайт с учебными материалами.
2. <http://www.twirpx.com> – сайт с учебными материалами, книгами и т.п.

3. <http://www.iqlib.ru>– электронная библиотека для студентов ДИТИ НИЯУ МИФИ.
4. Научная электронная библиотека [elibrary.ru](http://elibrary.ru), <http://elibrary.ru/>
5. Электронная библиотечная система издательства Лань, [www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com).
6. Электронное периодическое издание «KnigaFund.Ru», <http://www.knigafund.ru/>
7. Сайт «В помощь студентам, изучающим физику», <http://www.iatehysics.narod.ru>
8. ЭБС НИЯУ МИФИ, <http://library.mephi.ru>
9. ЭБС «Политтехресурс» («Консультант студента»), <http://www.studmedlib.ru/>
10. ЭБС «Айбукс», <http://ibooks.ru/>
11. ЭБС «Купер Бук», <http://kuperbook.biblioclub.ru/>

### 7.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Электронная обработка данных при решении задач, возможность чтения лекций с использованием электронного курса лекций, использование справочных ресурсов сети Интернет.

## 8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией и материалами. Ее содержание представлено в локальной сети института и находится в режиме свободного доступа для студентов. Для преподавания дисциплины возможно использование мультимедийных презентаций.

Лекционные занятия:

- комплект электронных учебников;
- аудитория корп.3, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер);
- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

**Программное обеспечение** – MS Office: Exel, PowerPoint; Windows Media Player, Adobe Reader XI.

## 9 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. Уделить внимание понятиям и определениям, раскрыть их физический смысл.
Контрольные вопросы	Проработка программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, решение задач по алгоритму и коллективно методом мозгового штурма.
Устный опрос	Средство, позволяющее оценить теоретическую подготовленность и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Контрольная работа	Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме. Составление аннотаций к прочитанным литературным источникам и др.
Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.