

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

УТВЕРЖДЕНА:

Руководителем НВПИ НИЯУ МИФИ

  
Е.Н. Булатова  
«17» *марта* 2023г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Теория переноса нейтронов»

**Направление подготовки:** 27.03.04 Управление в технических системах

**Наименование образовательной программы бакалавриата:** Управление и информатика в технических системах

**Уровень образования:** бакалавриат

**Форма обучения:** очная

Нововоронеж 2023 г.

**Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 кредита, 144 час.**

***Контактная работа*** **44 часа**

лекции	32	часов
практические занятия	12	часов
лабораторные занятия	0	часов

***Самостоятельная работа*** **64 часов**

индивидуальное домашнее задание	не предусмотрено
курсовая работа (проект)	не предусмотрено

***Форма отчетности:***

экзамен	4	семестр
---------	---	---------

**Курсы: 2**

**Семестры: 4**

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1 Цель дисциплины: овладение основами теории диффузии и замедления нейтронов в бесконечных и конечных средах, а также методами решения задач теории переноса нейтронов на базе релятивистских и квантовых представлений физики ядра и элементарных частиц, с целью дальнейшего освоения физических основ эксплуатации ядерных реакторов на АЭС.

1.2 Задачи дисциплины: дать понятие о физических процессах в энергетических ядерных реакторах, рассмотреть простые методы определения распределения нейтронов в пространстве и по энергии, познакомить с условиями критичности ядерных реакторов.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате освоения дисциплин вузовской образовательной программы по физике и высшей математике:

- физика: механика (теория удара), молекулярная физика и термодинамика (явления переноса, идеальный и реальный газы и т.д.), атомная и ядерная физика (ядерные реакции, деление тяжелых ядер и т.д.);

- высшая математика: дифференциальное и интегральное исчисление; специальные функции, теория вероятностей.

Данная дисциплина является базой для изучения ряда последующих дисциплин:

– Физика ядерных реакторов;

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

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

З-УК-1 Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа

У-УК-1 Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников

В-УК-1 Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач

УКЕ-1 Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах

З-УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

У-УКЕ-1 уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи

В-УКЕ-1 владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (кредита), 108 часов.

### 4.1 Структура дисциплины

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	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			
<b>Семестр 4</b>										
1	Основы ядерной физики и нейтронное поле в ядерном реакторе	1-8	16	12	–	-	32	УО 4 РЗ 6	8 ПР	30
2	Замедление и диффузия нейтронов	9-17	16		–	-	32	УО 10 РЗ 12 ПР14	17 Т	30
	Всего		32	12		-	64			60
3	экзамен									36
4	Итого за 4 семестр									108

Примечание: УО – устный опрос, РЗ – решение задач, ДЗ – домашнее задание, ПР – практическая работа, Т – тест

### 4.2 Содержание разделов дисциплины

#### 4.2.1 Лекционные занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание лекционного занятия	Кол-во акад. часов
1	Основы ядерной физики и нейтронное поле в ядерном реакторе	Представление преподавателя, дисциплины и ее места в системе специальных дисциплин. Выдача списка литературы и учебных материалов, списка вопросов для итоговой аттестации по дисциплине. Вещества, атомы и молекулы. Химические элементы и их распространенность. Периодическая таблица элементов. Моль и число Авогадро. Строение атома и атомного ядра. Понятие атомов, изотопов, нуклидов. Карта нуклидов. Система JANIS. История открытия радиоактивности. Закон радиоактивного распада. Виды распадов. Естественная радиоактивность. Радиоактивные ряды. Изобарные цепочки. Характеристики радиоактивного вещества. Запаздывающие нейтроны. История освоения ядерной энергии. Стандартная модель элементарных частиц. Протоны и нейтроны. Свойства ядерных сил. Модели ядра. Эффект парности. Дефект массы и энергия связи. Способы использования атомной энергии. История использования радиационных и ядерных	16

		<p>технологий. Радиация вокруг нас. Воздействие ионизирующего излучения на организм: детерминированные и стохастические последствия. облучение внешнее и внутреннее. Дозиметрические единицы. Нормы радиационной безопасности.</p> <p>Ядерные реакции и их классификация. Законы сохранения в ядерных реакциях. Запись ядерных реакций. Каналы ядерной реакции. Микросечение ядерной реакции: полное и парциальные. Нейтронные реакции: особенности, виды. Деление тяжелых ядер нейтронами. Цепная реакция деления.</p> <p>Самоподдерживающаяся реакция деления. Коэффициент размножения в конечной и бесконечной среде. Утечка. Механизм образования тепла в ядерном реакторе. Общие принципы управления цепной реакцией. Классификация реакторов по различным признакам. Информационная система МАГАТЭ по реакторам</p> <p>Реактивность реактора. Критический, надкритический и подкритический реактор. Кинетика реактора на мгновенных нейтронах. Время жизни нейтронов в реакторах различных типов. Влияние запаздывающих нейтронов. Изменение состава топлива в процессе работы реактора. Нарботка вторичного топлива.</p> <p>Описание характеристик нейтронного поля. Плотность потока нейтронов, флюенс, плотность тока. Спектр нейтронов. Макросечения реакций. Скорости реакций данного типа. Нейтронные сечения реакторных материалов. База JANIS. Введение в контроль нейтронного потока реактора. Детекторы потока нейтронов и контроль тепловой мощности (кратко).</p>	
2	Замедление и диффузия нейтронов	<p>Описание нейтронного поля в среде. Плотность потока и плотность тока. Односторонние токи. Вектор тока. Основные допущения диффузионного приближения. Запись выражения для объемной мощности генерации и поглощения. Баланс нейтронов в элементарном объеме.</p> <p>Закон Фика для моноэнергетических нейтронов. Коэффициент диффузии. Вывод выражения для коэффициента диффузии. Транспортные величины. Учет анизотропии рассеяния в уравнении диффузии.</p> <p>Вывод выражения для утечки нейтронов из элементарного объема. Вывод уравнения диффузии моноэнергетических нейтронов из баланса. Длина диффузии. Запись стационарного и нестационарного уравнения диффузии. Учет размножающих свойств среды.</p> <p>Альтернативная запись баланса нейтронов: интегральное уравнение Пайерлса. Учет неравномерности свойств в нем.</p> <p>Граничные условия для решения уравнения диф-</p>	16

	<p>фузии: условие локализованного источника, условие на границе сред, условие на границе среда-вакуум. Экстраполированная граница</p> <p>Запись уравнения диффузии в декартовых, цилиндрических и сферических координатах. Решения уравнения диффузии для точечного источника в бесконечной среде.</p> <p>Решения уравнения диффузии для плоского источника в бесконечной среде. Решение для нитевидного источника в бесконечной среде. Общие сведения о цилиндрических функциях: функции Бесселя и Неймана.</p> <p>Диффузионные функции влияния. Решение задач с плоским и распределенным источником в толстой пластине.</p> <p>Решение уравнения диффузии в размножающей среде. Условие критичности в бесконечной среде. Реакторы простейших форм: пластина, сфера. Геометрический и материальный параметр. Условие критичности для реактора конечных размеров.</p> <p>Решение уравнения диффузии для реактора в форме параллелепипеда и цилиндра. Определение критических размеров. поиск оптимальной формы цилиндрического реактора.</p> <p>Введение. Необходимость замедлять нейтроны. Спектр нейтронов деления. Области упругого и неупругого рассеяния. Основные допущения. Кинематика столкновения в лабораторной системе и в системе центра масс. Относительная потеря энергии при одном столкновении. Ступенька замедления.</p> <p>Средний косинус угла рассеяния. Летаргия. Уравнение замедления нейтронов. Плотность замедления. Установление спектра замедляющихся нейтронов – спектра Ферми.</p> <p>Характеристики используемых на АЭС замедлителей. Микроскопическая и макроскопическая замедляющая способность. Коэффициенты замедления.</p> <p>Нейтронный цикл в ядерном реакторе. Формула четырех сомножителей. Особенности резонансного поглощения замедляющихся нейтронов.</p>	
Итого		32

#### 4.2.2 Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание практического занятия	Кол-во акад. часов
1	Основы ядерной физики и нейтронное поле в ядерном реакторе	Решение задач на связь числа атомов, активности и массы элемента	1
		Пользование картой нуклидов в системе JANIS	1
		Решение задач на запись ядерных реакций, расчёт энергии связи ядра	1
		Решение задач на определение энергетического	1

		выхода реакций	
		Обогащение урана и глубина выгорания. Расчет теоретически максимальной глубины выгорания	1
		Расчет макросечений и длин пробега для отдельных веществ и смесей веществ. Контрольная работа	1
		Итоговый тест по разделу 1	6
2	Замедление и диффузия нейтронов	Расчет теоретического максимального коэффициента размножения в бесконечной среде (чистый уран, уран-водная и уран-графитовая смесь)	1
		Решение задач на экспоненциальное ослабление потока нейтронов слоем вещества	1
		Определение поля нейтронов от источников простой формы	1
		Расчет критических размеров реакторов: параллелепипед, шар, цилиндр, и их связь с нейтронно-физическими свойствами	1
		Решение задач на рассеяние и замедление нейтронов	2
		Итоговый тест по разделу 2	6
Итого			12

#### 4.2.3 Лабораторный практикум

Лабораторные занятия рабочим учебным планом не предусмотрены.

#### 4.2.4 Самостоятельная работа

Учебным планом на самостоятельную работу студентов отводится 56 часов. Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала и рекомендуемой литературы для подготовки теоретического материала, решения практических задач.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Виды самостоятельной работы	Кол-во акад. часов	
			в период теор. обучения	в сессию
		Самостоятельное изучение тем модуля	64	—
Итого			64	—

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и вопросы для самостоятельного изучения
1	Основы ядерной физики и нейтронное поле в ядерном реакторе	Изучение различных имеющихся моделей ядра Зависимость сечений от энергии для практически значимых нуклидов (самостоятельная работа в JANIS) История атомной энергетики: композиции и нейтронно-физические свойства первых реакторов и атомных бомб



		Решение домашних заданий к разд. 1 и подготовка к тесту
2	Замедление и диффузия нейтронов	Дополнительное изучение лекционного материала по расчету критических размеров реакторов Дополнительное изучение лекционного материала по кинематике рассеяния нейтронов Изучение резонансного поглощения замедляющихся нейтронов Изучение математического аппарата теории переноса нейтронов: дифференциальные уравнения, функции Бесселя Решение домашних заданий к разд. 2 и подготовка к тесту

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

### **5.1. Образовательные технологии**

При реализации программы курса «Теория переноса нейтронов» используются различные (традиционная и интерактивная) образовательные технологии – аудиторные занятия проводятся в форме лекций и практических занятий. Задачи для решения на практических занятиях сформулированы для решения преимущественно с помощью пакета MathCAD. Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала и рекомендуемой литературы для подготовки теоретического материала, материала практических занятий, решение заданий ведущего практические занятия преподавателя.

### **5.2. Информационные технологии**

Для освоения дисциплины необходимы:

- учебная аудитория, оснащённая проектором, экраном и компьютерными рабочими местами (не менее одного рабочего места на двух обучающихся);
- программное обеспечение: средства работы с документами и электронные таблицы (Microsoft Office или Open Office), математический пакет MathCAD.

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

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

### *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:

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

З-УК-1 Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа

У-УК-1 Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников

В-УК-1 Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач

УКЕ-1 Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах

З-УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

У-УКЕ-1 уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи

В-УКЕ-1 владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

### 6.1.2 Программа оценивания контролируемой компетенции:

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	
			текущий	рубежный
1	Основы ядерной физики и нейтронное поле в ядерном реакторе	УК-1 УКЕ-1	УО 4 РЗ 6	8 ПР
2	Диффузия и замедление нейтронов	УК-1 УКЕ-1	УО 10 РЗ 12 ПР14	17 Т

Формой аттестации по дисциплине является зачёт с оценкой.

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	2	3	4
1	ДЗ1	Домашнее задание 1. Справочные сведения по выбранному элементу	Набор исходных данных и задание
2	ДЗ2	Домашнее задание 2. Энергия связи выбранного элемента	Набор исходных данных и задание
3	ДЗ3	Домашнее задание 3. Пробег нейтрона в веществе	Индивидуальное задание
4	ДЗ4	Домашнее задание 4. Критическая конфигурация реактора	Набор исходных данных и задание
5	Т1	Тест по разделу 1 «Основы ядерной физики и нейтронное поле в ядерном реакторе»	Набор вопросов
6	РЗ1	Набор задач к разделу 1 для решения на практических занятиях	Набор задач
7	Т2	Тест по разделу 2 «Замедление и диффузия нейтронов»	Набор вопросов
8	РЗ2	Набор задач к разделу 2 для решения на практических занятиях	Набор задач
9	Экзамен	Вопросы к экзамену	Набор вопросов Набор задач

№ п/п	Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины*	Рубежный контроль	Макс. балл	Компетенции	Распределение баллов
1	Основы ядерной физики и нейтронное поле в ядерном реакторе	8 ПР	30	УК-1 УКЕ-1	ДЗ1 – 6 б. ДЗ2 – 6 б. Т1 – 10 б. ПР – 8 б.
2	Диффузия и замедление нейтронов	17 Т	30	УК-1 УКЕ-1	ДЗ3 – 8 б. ДЗ4 – 8 б. Т2 – 14 б..
	Экзамен		40	ПК-3 ПК-4 ПК-2	УК-1 УКЕ-1
	Итого		100		100

Формами аттестации по дисциплине являются практическая работа (ПР), устный опрос (УО) и дифференцированный зачет.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Баранник А.А. Лекции по курсу «Теория переноса нейтронов».[Текст]: учеб. пособие для вузов /А.А. Баранник. – Москва: НИЯУ МИФИ, 2019. -164 с.

2. Голашвили, Т. В. Справочник нуклидов [Текст] / Т. В. Голашвили, В. П. Чечев, С. А. Бадиков; под ред. Т. В. Голашвили. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : МЭИ, 2019. – 464 с.

3. Гуревич, М.И. Расчет переноса нейтронов методом Монте-Карло по программе MCSU [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / М. И. Гуревич, Д. А. Шкаровский. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2019. – Режим доступа: [http://library.mephi.ru/pdfunnel.php?Z21FAMILY=%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D0%B0&Z21ID=2012092420&PATH=book-mephi%2FGurevich\\_Raschet\\_perenosa\\_nejtronov\\_metodom\\_Monte-Karlo\\_2012.pdf](http://library.mephi.ru/pdfunnel.php?Z21FAMILY=%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D0%B0&Z21ID=2012092420&PATH=book-mephi%2FGurevich_Raschet_perenosa_nejtronov_metodom_Monte-Karlo_2012.pdf)

4. Крючков, Э.Ф. Теория переноса нейтронов [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Э. Ф. Крючков, Л. Н. Юрова. - Москва : МИФИ, 2007. – Режим доступа: [http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=F&I21DBN=pdf&P21DBN=BOOK&path=book-mephi/Krjuchkov\\_Teoriya\\_perenosa\\_nejtronov\\_2007&page=1&Z21ID=1816135761955910325535](http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=pdf&P21DBN=BOOK&path=book-mephi/Krjuchkov_Teoriya_perenosa_nejtronov_2007&page=1&Z21ID=1816135761955910325535) .

б) Дополнительная литература:

5. Баранник, А.А. Лекции по курсу "Теория переноса нейтронов" [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / А. А. Баранник. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. – Режим доступа: [http://library.mephi.ru/pdfunnel.php?Z21FAMILY=%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D0%B0&Z21ID=2012092420&PATH=book-mephi%2FBarannik\\_Lekcii\\_po\\_kursu\\_Teoriya\\_perenosa\\_nejtronov\\_2012.pdf](http://library.mephi.ru/pdfunnel.php?Z21FAMILY=%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D0%B0&Z21ID=2012092420&PATH=book-mephi%2FBarannik_Lekcii_po_kursu_Teoriya_perenosa_nejtronov_2012.pdf)

6. Климов А.Н. Ядерная физика и ядерные реакторы: учебник для вузов / 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 352 с.

7. Владимиров В.И. Практические задачи по эксплуатации ядерных реакторов. / изд. 4-е, перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 304 с.

в) Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

[www.rosatom.ru/](http://www.rosatom.ru/) - официальный сайт госкорпорации «Росатом»;

[www.rosenergoatom.ru](http://www.rosenergoatom.ru) - официальный сайт ОАО «Концерн Росэнергоатом»;

<https://www.oecd-nea.org/janis/> – база ядерных данных JANIS;

[www.mephi.ru](http://www.mephi.ru) – портал НИЯУ МИФИ с доступом к электронной библиотеке НИЯУ МИФИ;

<http://vlr.mephi.ru/spec.php> - виртуальные лабораторные работы НИЯУ МИФИ по курсу физика ядерных реакторов (теория ядерных реакторов);

<http://nuclphys.sinp.msu.ru/> – проект МГУ «Ядерная физика в интернете»

<http://www.nndc.bnl.gov/wallet/wccurrent.html> – карта нуклидов на сайте центра ядерных данных США

<http://lib.wwer.ru/> - электронная библиотека по атомной энергетике;

## 7.2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

№	Раздел(тема)	Вид издания	Автор (авторы)	Год издания	Место хранения и количество
1	Основы ядерной физики и нейтронное поле в ядерном реакторе	Учебное пособие. Лекции по курсу "Теория переноса нейтронов"	А.А. Баранник	2012	ЭБС НИЯУ МИФИ
2	Диффузия и замедление нейтронов	Учебное пособие. Лекции по курсу "Теория переноса нейтронов"	А.А. Баранник	2012	ЭБС НИЯУ МИФИ
		Практические задачи по эксплуатации ядерных реакторов	Владимиров В.И.	1986 г.	Библиотека ВИТИ НИЯУ МИФИ, 34 шт.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная дисциплина обеспечена следующими учебно-методическими материалами:

Кабинет технологического обслуживания технических систем и оборудования атомных электростанций;

Кабинет эксплуатации теплоэнергетического оборудования и технических систем атомных электростанций\3

Мультимедиа-проектор TOSIBA

Ноутбук SAMSUNG;

Экран;

Стол ученические – 15 шт.;

Стулья ученические – 30 шт.;

Стол преподавателя;

Стул преподавателя

Виртуальный учебный комплекс " Турбинное отделение АЭС" - представлять собой персональный компьютер со специализированным программным обеспечением, в котором реализованы интерактивные трехмерные модели оборудования турбинного отделения АЭС, являющиеся аналогами реального оборудования, позволяющие наглядно проводить изучение принципа работы деталей и узлов, особенности конструкции и принципа работы оборудования турбинной и генераторной установок, отслеживать и проводить мониторинг основных элементов турбинного отделения – 1 шт.

Виртуальный учебный комплекс " Турбинное отделение АЭС"

Лабораторный стенд "Монтаж элементов арматуры" 05.03.00.02

Стенд тренажер «Монтаж и испытание трубопроводных соединений, ремонт трубопроводов» МиИ-ТС-РТр-020-4ЛР.

Лабораторный стенд "Гидравлическое сопротивление водопроводной арматуры"

Лабораторный стенд «Гидравлика трубопроводных систем» ГТС-018-07ЛР

Учебный стенд «Возникновение кавитации в узком сечении трубопровода» ВК-УСТ-018

Лабораторный стенд

«Техническое обслуживание теплообменных аппаратов»

Программное обеспечение общего и профессионального назначения

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>Вид учебных занятий</b>	<b>Деятельность студента</b>
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; качественно выполнять чертежи; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий, чертежей с помощью рекомендованной учебной литературы. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, просмотр рекомендуемой литературы, выполнение графических заданий, решение задач по алгоритму.