

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»



УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

С.Т. Князев
2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля
1156183

Модуль
Физика и конструкции ядерных реакторов

Екатеринбург, 2020

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа Проектирование и эксплуатация атомных станций	Код ОП 14.05.02/33.01
Направление подготовки Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг	Код направления и уровня подготовки 14.05.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Радченко Руслан Васильевич	–	Старший преподаватель	Кафедра атомных станций и возобновляемых источников энергии
2	Тучков Андрей Михайлович	Кандидат технических наук, –	Доцент	Кафедра атомных станций и возобновляемых источников энергии
3	Велькин Владимир Иванович	Доктор технических наук, доцент	Профессор	Кафедра атомных станций и возобновляемых источников энергии

Согласовано:

Управление образовательных программ



Р. Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ *Физика и конструкции ядерных реакторов*

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Физика и конструкции ядерных реакторов» формирует представление о нейтронно-физических процессах, происходящих в активной зоне ядерного реактора, а также способность использовать полученные знания для решения задач в области научно-исследовательской, проектной и производственно-технологической деятельности, в том числе проведения нейтронно-физических расчетов.

Освоение модуля начинается с дисциплины «Ядерная физика», которая изучает процессы, протекающие при взаимодействии элементарных частиц и ядер различных атомов при высоких энергиях. Рассматриваются основные закономерности, проявляющиеся в явлениях микромира, законы сохранения в этих явлениях, вопросы строения ядер, их стабильности в зависимости от состава, виды радиоактивности. Изучаются механизмы, приводящие к цепной ядерной реакции деления. Следующая дисциплина – «Теория переноса нейтронов» - рассматривает роль нейтронов в ядерных процессах: замедлению и диффузии нейтронов, роль запаздывающих нейтронов в управлении цепной ядерной реакцией деления. В рамках этих двух дисциплин студенты приобретают навык использования библиотек ядерных данных для решения задач, а также первичный навык измерения ядерно-физических параметров в рамках лабораторных работ.

Дисциплина «Физика ядерных реакторов» формирует представление о современном состоянии физической теории ядерных реакторов. Рассматривается влияние гетерогенной структуры на основные характеристики активной зоны, критические условия реакторов с отражателями нейтронов в одно- и двухгрупповом приближении, а также физические процессы при работе ядерного реактора. Формируется способность выполнять нейтронно-физический расчет ядерных реакторов на тепловых и быстрых нейтронах, в том числе с использованием специализированных компьютерных программ.

В рамках дисциплины «Ядерные энергетические реакторы» обучающиеся рассматривают основные типы и конструкции ядерных энергетических реакторов, функционирующих в России и в мире, их теплофизические особенности, достоинства и недостатки. Формируется представление о ядерном реакторе как о комплексной системе, конструкция которой тесно связана с происходящими в нем нейтронно-физическими и теплогидравлическими процессами.

При выполнении проекта по модулю студенты закрепляют полученные навыки проведения нейтронно-физического и теплогидравлического расчета ядерного реактора, а также оформления конструкторской документации по проекту.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1.	Проект по модулю "Физика и конструкции ядерных реакторов "	1
2.	Теория переноса нейтронов	6
3.	Физика ядерных реакторов	7
4.	Ядерная физика	6
5.	Ядерные энергетические реакторы	4
ИТОГО по модулю:		24

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	<i>Научно-фундаментальные основы профессиональной деятельности Математическое моделирование физических процессов</i>
Постреквизиты и корреквизиты модуля	<i>Атомные станции Монтаж, ремонт и модернизация оборудования атомных станций Контроль и управление ядерными энергетическими установками Вопросы радиационной безопасности</i>

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Теория переноса нейтронов	ПК-2 - Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в сфере ядерной энергетики и технологий	<p>3-2 - Сформулировать базовые законы переноса нейтронов и взаимодействия нейтронов с веществом</p> <p>3-3 - Перечислить условия, необходимые для осуществления ядерных реакций, в том числе самоподдерживающейся цепной ядерной реакции деления</p> <p>У-2 - Оценивать критические размеры и критическую массу размножающей среды</p> <p>У-3 - Различать особенности методов описания процесса диффузии и замедления нейтронов в замедляющих и размножающих средах, методов нейтронно-физических расчетов</p> <p>У-8 - Выбирать справочные данные для решения задач, в том числе в цифровой среде</p> <p>У-10 - Выбирать методы теоретического и экспериментального исследования с учетом специфики поставленной задачи</p> <p>П-2 - Выполнять в рамках проектных заданий оценочные нейтронно-физические расчеты ядерных реакторов, в том числе с применением современных информационных технологий</p> <p>П-3 - Выполнять в рамках учебных заданий расчет изотопного состава облученного ядерного топлива</p> <p>П-6 - Осуществлять обоснованный выбор методов теоретического и экспериментального исследования процессов, протекающих в оборудовании объектов использования атомной энергии</p>

	<p>ПК-3 - Способен в составе рабочей группы проводить испытания основного и вспомогательного оборудования атомных станций и ядерных энергетических установок в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации, проводить физические эксперименты на этапах физического и энергетического пуска энергоблока с целью определения нейтронно-физических параметров реакторной установки и АС в целом</p>	<p>У-3 - Определять оптимальные методы проведения нейтронно-физических измерений П-1 - Иметь практический опыт выполнения нейтронно-физических измерений в ходе эксперимента Д-2 - Демонстрировать способность соблюдать принципы культуры безопасности при экспериментальном определении нейтронно-физических параметров</p>
<p>Физика ядерных реакторов</p>	<p>ПК-2 - Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в сфере ядерной энергетики и технологий</p>	<p>З-1 - Изложить современные теоретические представления о строении атомного ядра З-2 - Сформулировать базовые законы переноса нейтронов и взаимодействия нейтронов с веществом З-3 - Перечислить условия, необходимые для осуществления ядерных реакций, в том числе самоподдерживающейся цепной ядерной реакции деления З-4 - Идентифицировать особенности физики различных типов реакторов на тепловых и быстрых нейтронах З-5 - Изложить основные положения теории критических размеров, теории решетки З-6 - Описывать нестационарные процессы, происходящие в ядерном реакторе У-2 - Оценивать критические размеры и критическую массу размножающей среды У-3 - Различать особенности методов описания процесса диффузии и замедления нейтронов в замедляющих и размножающих средах, методов нейтронно-физических расчетов У-4 - Соотносить процессы, происходящие в оборудовании объектов использования атомной энергии, с теоретическими представлениями физики ядерных реакторов У-8 - Выбирать справочные данные для решения задач, в том числе в цифровой среде П-6 - Осуществлять обоснованный выбор методов теоретического и экспериментального</p>

		исследования процессов, протекающих в оборудовании объектов использования атомной энергии
	ПК-3 - Способен в составе рабочей группы проводить испытания основного и вспомогательного оборудования атомных станций и ядерных энергетических установок в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации, проводить физические эксперименты на этапах физического и энергетического пуска энергоблока с целью определения нейтронно-физических параметров реакторной установки и АС в целом	З-1 - Сделать обзор целей и задач проведения физических экспериментов на этапах физического и энергетического пуска энергоблока З-6 - Описывать принципы работы и характеристики оборудования, применяемого для экспериментального определения нейтронно-физических параметров реакторной установки У-3 - Определять оптимальные методы проведения нейтронно-физических измерений У-7 - Различать особенности физического и энергетического пуска атомной станции П-2 - Иметь практический опыт определения термодинамических, физических и теплофизических параметров теплоносителя и рабочего тела атомной станции
	ПК-6 - Способен в составе рабочей группы организовывать безопасную и экономичную эксплуатацию реакторной установки или оборудования и технологических систем блока атомной электростанции, в том числе проводить нейтронно-физические, теплогидравлические расчеты, анализировать технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты АС	З-11 - Объяснять нейтронно-физические и теплогидравлические процессы, протекающие в основном оборудовании атомных станций З-12 - Характеризовать методы расчета эксплуатационных параметров активных зон реакторов, эффектов и коэффициентов реактивности реакторов, программы и методики расчета нагрузок активных зон при перегрузках реакторов У-5 - Анализировать нейтронно-физические и теплогидравлические процессы, происходящие в ядерном реакторе У-6 - Оценивать выгорание ядерного топлива и потребность в ядерном топливе У-7 - Выбирать из справочных данных константы для нейтронно-физического расчета ядерного реактора У-9 - Проводить физические, теплофизические, и теплогидравлические расчеты и измерения для обоснования и контроля режимов эксплуатации ядерных энергоблоков У-10 - Рассчитывать эксплуатационные параметры реакторной установки, эффекты и коэффициенты реактивности П-3 - Иметь практический опыт оценки нейтронно-физических характеристик активной зоны реакторной установки

		<p>П-5 - Иметь практический опыт применения расчетных кодов для определения характеристик активной зоны ядерного реактора</p> <p>П-6 - Подготовить в соответствии с требованиями отчет по результатам расчетов нейтронно-физических теплогидравлических характеристик активной зоны, в том числе графическую документацию</p>
Ядерная физика	<p>ПК-2 - Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в сфере ядерной энергетики и технологий</p>	<p>З-1 - Изложить современные теоретические представления о строении атомного ядра</p> <p>З-3 - Перечислить условия, необходимые для осуществления ядерных реакций, в том числе самоподдерживающейся цепной ядерной реакции деления</p> <p>У-1 - Оценивать возможность осуществления ядерных реакций, в том числе деления ядра атома</p> <p>У-8 - Выбирать справочные данные для решения задач, в том числе в цифровой среде</p> <p>У-10 - Выбирать методы теоретического и экспериментального исследования с учетом специфики поставленной задачи</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт подготовки данных для проведения нейтронно-физических расчетов, в том числе с помощью программных кодов моделирования нейтронно-физических процессов</p> <p>П-6 - Осуществлять обоснованный выбор методов теоретического и экспериментального исследования процессов, протекающих в оборудовании объектов использования атомной энергии</p>
	<p>ПК-3 - Способен в составе рабочей группы проводить испытания основного и вспомогательного оборудования атомных станций и ядерных энергетических установок в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации, проводить физические эксперименты на этапах физического и энергетического пуска энергоблока с целью определения нейтронно-физических параметров</p>	<p>У-3 - Определять оптимальные методы проведения нейтронно-физических измерений</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт выполнения нейтронно-физических измерений в ходе эксперимента</p> <p>Д-2 - Демонстрировать способность соблюдать принципы культуры безопасности при экспериментальном определении нейтронно-физических параметров</p>

	реакторной установки и АС в целом	
Ядерные энергетические реакторы	ПК-6 - Способен в составе рабочей группы организовывать безопасную и экономичную эксплуатацию реакторной установки или оборудования и технологических систем блока атомной электростанции, в том числе проводить нейтронно-физические, теплогидравлические расчеты, анализировать технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты АС	З-3 - Описывать оборудование и технические характеристики основных технологических систем атомных электростанций, технические характеристики и конструктивные особенности основных типов реакторных установок У-5 - Анализировать нейтронно-физические и теплогидравлические процессы, происходящие в ядерном реакторе У-8 - Выполнять теплогидравлический расчет ядерной энергетической установки, включая расчет параметров активной зоны, распределение критических температур по высоте и радиусу активной зоны П-3 - Иметь практический опыт оценки нейтронно-физических характеристик активной зоны реакторной установки П-4 - Иметь практический опыт выполнения теплогидравлического расчета ядерного реактора П-6 - Подготовить в соответствии с требованиями отчет по результатам расчетов нейтронно-физических теплогидравлических характеристик активной зоны, в том числе графическую документацию
Проект по модулю "Физика и конструкции ядерных реакторов"	ПК-2 - Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в сфере ядерной энергетики и технологий	З-4 - Идентифицировать особенности физики различных типов реакторов на тепловых и быстрых нейтронах З-5 - Изложить основные положения теории критических размеров, теории решетки З-6 - Описывать нестационарные процессы, происходящие в ядерном реакторе У-2 - Оценивать критические размеры и критическую массу размножающей среды У-3 - Различать особенности методов описания процесса диффузии и замедления нейтронов в замедляющих и размножающих средах, методов нейтронно-физических расчетов У-8 - Выбирать справочные данные для решения задач, в том числе в цифровой среде П-1 - Иметь практический опыт подготовки данных для проведения нейтронно-физических расчетов, в том числе с помощью программных кодов моделирования нейтронно-физических процессов П-2 - Выполнять в рамках проектных заданий оценочные нейтронно-физические расчеты ядерных реакторов, в том числе с применением

		современных информационных технологий П-3 - Выполнять в рамках учебных заданий расчет изотопного состава облученного ядерного топлива
	ПК-6 - Способен в составе рабочей группы организовывать безопасную и экономичную эксплуатацию реакторной установки или оборудования и технологических систем блока атомной электростанции, в том числе проводить нейтронно-физические, теплогидравлические расчеты, анализировать технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты АС	З-3 - Описывать оборудование и технические характеристики основных технологических систем атомных электростанций, технические характеристики и конструктивные особенности основных типов реакторных установок З-11 - Объяснять нейтронно-физические и теплогидравлические процессы, протекающие в основном оборудовании атомных станций У-5 - Анализировать нейтронно-физические и теплогидравлические процессы, происходящие в ядерном реакторе У-6 - Оценивать выгорание ядерного топлива и потребность в ядерном топливе У-7 - Выбирать из справочных данных константы для нейтронно-физического расчета ядерного реактора У-8 - Выполнять теплогидравлический расчет ядерной энергетической установки, включая расчет параметров активной зоны, распределение критических температур по высоте и радиусу активной зоны П-3 - Иметь практический опыт оценки нейтронно-физических характеристик активной зоны реакторной установки П-4 - Иметь практический опыт выполнения теплогидравлического расчета ядерного реактора П-6 - Подготовить в соответствии с требованиями отчет по результатам расчетов нейтронно-физических теплогидравлических характеристик активной зоны, в том числе графическую документацию

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в форме:

Очная.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Ядерная физика

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Радченко Руслан Васильевич	–	Старший преподаватель	Кафедра атомных станций и возобновляемых источников энергии

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

Авторы:

- Радченко Руслан Васильевич, старший преподаватель, кафедра «Атомные станции и возобновляемые источники энергии»

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология;
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Основы квантовой механики	Постулаты классической механики. Границы их применимости. Гипотеза Планка. Постулаты полуклассической теории Бора. Теория строения атома водорода и его спектра по Бору. Дифракция электронов. Гипотеза де-Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Уравнение Шредингера. Волновая функция. Линейные операторы в квантовой механике. Собственные функции и собственные значения. Постулаты квантовой механики.
P2	Специальная теория относительности	Движение абсолютное и относительное. Принцип относительности Галилея. Опыт Кауфмана. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Связь массы со скоростью относительного движения тела. Связь массы и энергии тела. Масса покоя. Закон сохранения энергии-импульса в специальной теории относительности. Дефект массы. Энергия связи. Атомная физика и физика высоких энергий – ядерная физика.
P3	Свойства ядра	Опыты Резерфорда. Сложное строение ядра. Протонно-электронная модель ядра, ее несостоятельность. Нейтрон. Протонно-нейтронная модель ядра. Заряд ядра, массовое число. Химические свойства ядра. Масс-спектрометр. Связь между числом нейтронов и протонов в ядре. Нейтронно-протонная диаграмма ядер. Магические числа. Зеркальные ядра.
P4	Радиоактивность	Виды радиоактивности, их связь с диаграммой стабильности. Период полураспада. Законы радиоактивного распада. Радиоактивные семейства. Искусственная радиоактивность. α -радиоактивность. Закономерности α -распада. Квантово-механическое описание α -распада. β -распад. Особенности β -распада. Типы β -распада. Нейтрино. γ -излучение ядер. Радиационные переходы. Резонансное поглощение γ -квантов (эффект Мессбауэра). Законы сохранения. Величины, сохраняющиеся в ядерных взаимодействиях. Классификация частиц и типов взаимодействия.
P5	Теория деления	Природа ядерных сил. Обменные силы, уравнение Дирака. Позитрон. Гипотеза Юкавы. Мезоны. Потенциал ядерных сил. Уравнение Клейна – Гордона. Модели ядра. Размеры ядра. Связь размеров ядра с массовым числом. Капельная модель ядра. Энергетические уровни. Оболочечная модель ядра. Связь магических чисел со стабильностью

		ядра.
P6	Цепная ядерная реакция	Формула Вайцекера. Параметр деления. Потенциальный барьер на границе при деформации ядра. Порог деления. Порог деления нейтронами. «Делящиеся» ядра. Возможность осуществления управляемой цепной ядерной реакции.

1.3. Программа дисциплины реализуется:

на государственном языке Российской Федерации (русский).

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

Отсутствуют.

Печатные издания

1. Мухин, Константин Никифорович. Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.]. Т. 1. Физика атомного ядра / К. Н. Мухин .— Изд. 7-е, стер. — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2009 .— 384 с. : ил. ; 21 см. — ISBN 978-5-8114-0739-2. — 25 экз.
2. Мухин, Константин Никифорович. Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.]. Т. 2. Физика ядерных реакций / К. Н. Мухин .— Изд. 7-е, стер. — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2009 .— 336 с. : ил. ; 21 см.— ISBN 978-5-8114-0740-8. — 25 экз.
3. Мухин, Константин Никифорович. Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.]. Т. 3. Физика элементарных частиц / К. Н. Мухин .— Изд. 6-е, испр. и доп. — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2008 .— 432 с. : ил. ; 21 см. — ISBN 978-5-8114-0741-5. — 22 экз. + 38 экз разных лет издания
4. Радченко, Валерий Иванович. Ядерная физика : учебное пособие. Ч. 1 / В. И. Радченко, О. В. Рябухин ; науч. ред. В. Л. Петров ; Урал. гос. техн. ун-т - УПИ .— Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2007 .— 106 с. : ил. ; 21 см. — Библиогр.: с. 105 (6 назв.). — без грифа .— ISBN 978-5-321-01055-6. — 49 экз.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные

1. Научная электронная библиотека eLibrary
2. Реферативная БД Scopus

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. ТЕХЭКСПЕРТ

Открытый фонд НТД (ГОСТ, СНИПов, СанПиНов, ВСН, РД, РДС, СП, ГЭСН, ФЕР, ТЕР, ГН, правовые акты).

URL: <http://www.cntd.ru/>.

2. РОССТАНДАРТ (тексты новых стандартов)

URL: <http://protect.gost.ru/default.aspx>; <http://libgost.ru/>.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя, оснащенное персональным компьютером Доска аудиторная Периферийное устройство	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Лабораторные занятия	Специализированная аудитория кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», оснащенная лабораторными стендами.	Не требуется
4	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Теория переноса нейтронов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Радченко Руслан Васильевич	–	Старший преподаватель	Кафедра атомных станций и возобновляемых источников энергии

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

Авторы:

- Радченко Руслан Васильевич, старший преподаватель, кафедра «Атомные станции и возобновляемые источники энергии»

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология;
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Взаимодействие нейтронов с ядрами	Методы детектирования нейтронов. Методы получения нейтронов. Описание процессов соударения нейтронов. Захват нейтронов ядрами. Сечения взаимодействия нейтронов. Поведение сечений в резонансной области. Вероятность избежать резонансного захвата. Эффективный резонансный интеграл. Теория составного ядра. Каналы ядерных реакций. Парциальная ширина уровня. Полная ширина уровня. Формула Брейта – Вигнера. Среднее сечение в резонансной области.
P2	Диффузия нейтронов в среде	Закон Фика. Уравнение диффузии. Кинетические характеристики среды – коэффициент диффузии, длина диффузии. Диффузия нейтронов в среде с распределенными источниками. Баланс нейтронов в размножающей среде. Коэффициент размножения в бесконечной среде. Формула четырех сомножителей. Коэффициент размножения в ограниченной среде. Время жизни нейтронов одного поколения. Простейшее уравнение кинетики.
P3	Замедление нейтронов	Модель непрерывного замедления. Теория возраста нейтронов. Плотность замедления. Уравнение возраста. Длина замедления. Критическое уравнение. Площадь миграции. Практическое осуществление управляемой самоподдерживающейся реакции деления.
P4	Запаздывающие нейтроны	Группы запаздывающих нейтронов. Роль запаздывающих нейтронов в достижении условия критичности. Уравнение кинетики реактора с учетом запаздывающих нейтронов.
P5	Воспроизводство топлива	Отравление реактора продуктами деления. Возможность наработки вторичного топлива. Коэффициент воспроизводства. Воспроизводство топлива в быстром реакторе. Время удвоения.
P6	Возможность использования реакций синтеза на легких ядрах	Условия получения положительного выхода реакций в термоядерном реакторе. Условия возникновения управляемой самоподдерживающейся термоядерной реакции. Магнитные методы удержания плазмы. Оценка КПД термоядерного реактора с магнитным удержанием плазмы. Инерциальный термоядерный синтез. Мюонный катализ. «Холодные» термоядерные реакторы.

1.3. Программа дисциплины реализуется:

на государственном языке Российской Федерации (русский).

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

Отсутствуют.

Печатные издания

1. Мухин, Константин Никифорович. Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.]. Т. 1. Физика атомного ядра / К. Н. Мухин .— Изд. 7-е, стер. — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2009 .— 384 с. : ил. ; 21 см. — ISBN 978-5-8114-0739-2. — 25 экз.
2. Мухин, Константин Никифорович. Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.]. Т. 2. Физика ядерных реакций / К. Н. Мухин .— Изд. 7-е, стер. — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2009 .— 336 с. : ил. ; 21 см.— ISBN 978-5-8114-0740-8. — 25 экз.
3. Мухин, Константин Никифорович. Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.]. Т. 3. Физика элементарных частиц / К. Н. Мухин .— Изд. 6-е, испр. и доп. — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2008 .— 432 с. : ил. ; 21 см.— ISBN 978-5-8114-0741-5. — 22 экз. + 38 экз разных лет издания
4. Радченко, Валерий Иванович. Ядерная физика : учебное пособие. Ч. 1 / В. И. Радченко, О. В. Рябухин ; науч. ред. В. Л. Петров ; Урал. гос. техн. ун-т - УПИ .— Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2007 .— 106 с. : ил. ; 21 см.— Библиогр.: с. 105 (6 назв.). — без грифа .— ISBN 978-5-321-01055-6. — 49 экз.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные

1. Научная электронная библиотека eLibrary
2. Реферативная БД Scopus

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. ТЕХЭКСПЕРТ

Открытый фонд НТД (ГОСТ, СНИПов, СанПиНов, ВСН, РД, РДС, СП, ГЭСН, ФЕР, ТЕР, ГН, правовые акты).

URL: <http://www.cntd.ru/>.

2. РОССТАНДАРТ (тексты новых стандартов)

URL: <http://protect.gost.ru/default.aspx>; <http://libgost.ru/>.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя, оснащенное персональным компьютером Доска аудиторная Периферийное устройство	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Лабораторные занятия	Специализированная аудитория кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», оснащенная лабораторными стендами.	Не требуется
4	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физика ядерных реакторов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Тучков Андрей Михайлович	Кандидат технических наук	Доцент	Кафедра атомных станций и возобновляемых источников энергии

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

Авторы:

- Тучков Андрей Михайлович доцент, кафедра «Атомные станции и возобновляемые источники энергии»

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология;
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	
P1.T1	Основные сведения из ядерной физики и теории переноса нейтронов	Виды взаимодействия нейтронов с ядрами. Микро- и макроскопические сечения. Делящиеся и воспроизводящие нуклиды. Энергия, мгновенные нейтроны деления и продукты деления. Запаздывающие нейтроны. Ядерное топливо. Диффузия нейтронов. Уравнение диффузии. Длина диффузии. Замедление нейтронов. Закон рассеяния. Вероятность избежать резонансного поглощения. Уравнение возраста. Возраст и площадь миграции нейтронов. Многогрупповое приближение.
P1.T2	Классификация ядерных реакторов	Гомогенные и гетерогенные реакторы. Спектр нейтронов в реакторе. Реакторы на тепловых и быстрых нейтронах. Групповые теории. Тепловая область. Спектр Максвелла. Сечения и скорость взаимодействия нейтронов. Коэффициент размножения бесконечной среды и среды конечных размеров. Условие критичности. Аддитивная форма коэффициента размножения.
P2	Теория гетерогенной решетки	
P2.T1	Основные предположения и допущения в теории решетки	Физические особенности гетерогенного реактора. Элементарная ячейка. Тесные, разреженные и каналные решетки. Блок-эффект в резонансном поглощении и поглощении тепловых нейтронов. Метод вероятности первых столкновений (ВПС). Соотношение взаимности. Расчет ВПС в разреженных, тесных и каналных решетках. Схема расчета гетерогенного реактора на тепловых нейтронах. Основные параметры решетки.
P2.T2	Влияние гетерогенности на размножающие свойства среды. Зависимость от параметров решетки	Коэффициент размножения на быстрых нейтронах в решетках гетерогенного реактора. Вероятность избежать резонансного поглощения. Расчет эффективного резонансного интеграла и вероятности избежать резонансного поглощения в различных типах

		<p>решетки.</p> <p>Коэффициент использования тепловых нейтронов. Внутренний и внешний блок-эффект. Диффузионное приближение. Метод АБГ. Расчет коэффициента теплового использования в различных типах ячеек гетерогенного реактора.</p> <p>Число вторичных нейтронов деления на один поглощенный топливом нейтрон. Влияние состава топлива. Длина диффузии и возраст нейтронов в решетке активной зоны.</p>
Р3	Теория критических размеров	
Р3.Т1	Реактор без отражателя	<p>Уравнение реактора в однокрупном приближении. Геометрический параметр реакторов различной формы. Распределение потока нейтронов в однозонных реакторах. Коэффициент неравномерности. Двухзонный цилиндрический реактор. Цилиндрический реактор с центральным регулирующим стержнем.</p>
Р3.Т2	Реактор с отражателем	<p>Уравнение для активной зоны и отражателя. Граничные условия. Плоский реактор с отражателем конечной толщины. Эффективная добавка. Условие критичности реактора. Условие критичности сферического и цилиндрического реакторов. Определение критического радиуса. Коэффициенты неравномерности реактора с отражателем.</p> <p>Реактор с отражателем в двухкрупном приближении. Система уравнений для однозонного реактора с отражателем и условие критичности. Распределение плотности потока быстрых и тепловых нейтронов. Цилиндрический реактор, окруженный отражателем со всех сторон. Многозонный реактор.</p>
Р4	Нейтронно-физические особенности и расчет энергетических реакторов	
Р4.Т1	Водо-водяные энергетические реакторы (ВВЭР)	<p>Физические особенности реакторов ВВЭР. Особенности конструкции. Компенсация реактивности и органы регулирования. Коэффициенты неравномерности энерговыделения. Выгорание и перегрузка топлива. Задачи и выбор схемы физического расчета. Шлакование и отравление реактора. Стационарное и нестационарное отравление. Йодная яма и прометиевый провал. Изменение нуклидного состава топлива. Определение кампании реактора. Методы выравнивания неравномерности энерговыделения. Выгорающие поглотители.</p> <p>Четырехкрупный метод расчета реакторов ВВЭР. Гомогенизация ячейки. Подготовка групповых констант. Определение эффективного коэффициента размножения и кампании реактора.</p>
Р4.Т2	Водо-водяные кипящие реакторы	<p>Физические особенности водо-водяных реакторов кипящего типа. Особенности конструкции и физического расчета реактора. Связь физического расчета с теплогидравлическим. Методы выравнивания энерговыделения. Выбор основных теплофизических параметров реактора.</p>
Р4.Т3	Реакторы канального типа	<p>Физические особенности канальных графитовых реакторов (РБМК). Особенности конструкции. Коэффициенты неравномерности энерговыделения. Физический расчет канальных реакторов. Особенности расчета коэффициента размножения методом Весткотта.</p>

		Определение параметров реактора. Тяжеловодные реакторы. Особенности конструкции и физического расчета тяжеловодного канального реактора.
P4.T4	Реакторы на быстрых нейтронах (РБН)	Физические особенности реакторов РБН. Ядерно-физические константы. Воспроизводство делящихся материалов. Запас реактивности и глубина выгорания. Физический расчет реактора. Оценка спектров и усреднение сечений. Многогрупповые и малогрупповые методы расчета. Оценочный расчет характеристик реакторов на быстрых нейтронах. Определение коэффициента размножения, обогащения, коэффициента воспроизводства и времени удвоения. Многогрупповые уравнения быстрого реактора с учетом ценности нейтронов. Константы многогрупповых уравнений. Расчет критической массы и коэффициента воспроизводства, оптимизация физических характеристик реакторов на быстрых нейтронах.
P5	Нейтронно-физические расчеты на ЭВМ	
P5.T1	Методы решения реакторных задач	Односкоростное уравнение переноса нейтронов. Метод сферических гармоник. Метод дискретных ординат. Конечно-разностные алгоритмы. Теория возмущений. Вариационные методы. Метод вероятности первых столкновений. Метод Монте-Карло.
P5.T2	Программы расчета реакторных ячеек и реакторов на ЭВМ	Алгоритмы физических расчетов. Программные реализации на ЭВМ. Расчетные модели. Подготовка ядерных констант в многогрупповом диффузионном приближении. Задачи расчетов выгорания и алгоритмы расчетов медленных физических процессов. Программные расчетные комплексы для различных типов ядерных реакторов («WIMSD4», «БИПР», «ГЕФЕСТ», «SYNTES», «JOKER»)
P6	Нейтронно-физические характеристики, определяемые в экспериментах на сборках и реакторах	
P6.T1	Экспериментальные методы, определения нейтронно-физических характеристик	Методы измерения скоростей реакций и нуклидного состава топлива, запаса реактивности. Измерение энергетических спектров нейтронов и распределения энерговыделения. Измерение интегральных характеристик на критических сборках в обоснование параметров активной зоны. Методы определения размножающих свойств среды, параметров нейтронного поля и решетки реактора, методы определения глубины выгорания ядерного топлива. Измерение коэффициентов реактивности и эффектов реактивности, связанных с изменениями технологических параметров. Эксплуатационные расчеты и измерения. Эксперименты при физическом и энергетическом пуске реактора

1.3. Программа дисциплины реализуется:

на государственном языке Российской Федерации (русский).

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

Отсутствуют.

Печатные издания

1. Атомные электростанции с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1 / А.И. Бельтюков, А.И. Карпенко, С.А. Полуяктов, О.Л. Ташлыков, Г.П. Титов, А.М. Тучков, С.Е. Щеклеин; под общ. ред. С.Е.Щеклеина, О.Л. Ташлыкова. – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – 548 с. – 5 экз + 25 на кафедре.
2. Атомные электростанции с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 2/А.И. Бельтюков, А.И. Карпенко, С.А. Полуяктов, О.Л. Ташлыков, Г.П. Титов, А.М. Тучков, С.Е. Щеклеин; под общ. ред. С.Е.Щеклеина, О.Л. Ташлыкова. – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – 420 с. – 5 экз + 25 на кафедре.
3. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов. Учебное пособие/ Бартоломей Г.Г., Бать Г.А., Байбаков В.Д., Алхутов М.С. М: Энергоиздат, 1989. - 512 с. – 89 экз.
4. Усынин Г.Б., Кусмарцев Е.В. Реакторы на быстрых нейтронах. Учебное пособие. М: Энергоатомиздат, 1985. - 288 с. – 18 экз
5. Дементьев Б.А. Ядерные энергетические реакторы. Учебник для вузов М.: Энергоатомиздат, 1990. - 352 с. – 49 экз.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные

1. Научная электронная библиотека eLibrary
2. Реферативная БД Scopus

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. ТЕХЭКСПЕРТ
Открытый фонд НТД (ГОСТ, СНИПов, СанПиНов, ВСН, РД, РДС, СП, ГЭСН, ФЕР, ТЕР, ГН, правовые акты).
URL: <http://www.cntd.ru/>.
2. РОССТАНДАРТ (тексты новых стандартов)
URL: <http://protect.gost.ru/default.aspx>; <http://libgost.ru/>.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя, оснащенное персональным компьютером Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Периферийное устройство	
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
4	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Ядерные энергетические реакторы

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Велькин Владимир Иванович	Доктор технических наук, доцент	Профессор	Кафедра атомных станций и возобновляемых источников энергии

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

Авторы:

- Велькин Владимир Иванович, профессор, кафедра атомных станций и возобновляемых источников энергии

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология;
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	ЯЭУ с водой под давлением	Конструкция реактора ВВЭР-1000. Технические характеристики ВВЭР-1000 и ВВЭР-440. Конструкция корпуса реактора ВВЭР-1000; Назначение, конструкция и технические характеристики ВКУ: кольцо-разделитель потока; зона патрубков; шахта реактора, блок защитных труб, выгородка. Кольцо опорное, кольцо упорное; сильфон разделительный. Образцы-свидетели корпусной стали. Системы контроля корпуса реактора. Конструкция шахты реактора. Конструкция биологической и тепловой защиты ЯЭУ. Траверса для кантовки корпуса реактора, парогенератора ПГВ-1000. Твэлы и тепловыделяющие сборки реактора ВВЭР-1000. Характеристики перегрузочной машины. Перегрузка топлива на ЯЭУ ВВЭР-1000. Картограмма загрузки ВВЭР-1000.
P2	ЯЭУ с кипящей водой (корпусные)	Тепло-физические особенности водо-водяных реакторов кипящего типа (ВК). Особенности конструкции ВWR. Эволюция реакторов кипящего типа. Конструкция реактора ВК-50. Принцип естественной циркуляции теплоносителя в кипящих реакторах; назначение переливных окон. Конструкция реактора АСТ-500. Принципы самозащитности реакторной установки АСТ-500. Срабатывание систем защиты при разгерметизации основного корпуса ЯЭУ АСТ-500. Твэлы, ПЭЛы и ТВС ЯЭУ АСТ-500. Картограмма загрузки топлива АСТ-500.
P3	ЯЭУ с кипящей водой (канальные)	Реакторы канального типа. Тепло-физические особенности канальных графитовых реакторов (РБМК). Особенности конструкции. Конструкция графитовой кладки; устройство верхней и нижней металлоконструкций; схемы «С», «КЖ», «Л», «Д». Назначение, устройство и функционирование контура многократной принудительной циркуляции; конструкция барабан-сепаратора. Система контроля герметичности оболочек

		ТВЭЛ; Конструкция технологического канала, канала охлаждения отражателя. Картограмма размещения каналов в активной зоне. Разгрузочно-загрузочная машина РБМК-1000. Перегрузка топлива на ЯЭУ РБМК-1000.
Р4	ЯЭУ на быстрых нейтронах	Реакторы на быстрых нейтронах (РБН). Тепло-физические особенности реакторов БН. Технические характеристики БН-350, 600, 800, «Суперфеникс 1200». Конструкция ЯЭУ БН 350, БН-600. Конструкция топливного пакета активной зоны и зоны воспроизводства. Конструкция поворотной колонны. Назначение гидрозатвора. Тракт транспортировки свежего и обработавшего топлива. Картограмма загрузки АЗ.
Р5	ЯЭУ с газовым теплоносителем и графитовым замедлителем	Реакторы с газовым теплоносителем. Конструкция, особенности и технические характеристики магноксового реактора. Конструкция, особенности и технические характеристики усовершенствованного газографитового реактора. Конструкция, особенности и технические характеристики высокотемпературного газоохлаждаемого реактора. Конструкция реактора с шаровыми твэлами. Активная зона, графитовая кладка ЯЭУ с шаровыми твэлами. Перегрузка активной зоны реактора.
Р6	ЯЭУ на тяжелой воде	Реакторы с тяжелой водой. Теплофизические особенности реакторных установок с тяжелой водой. Конструкция реактора CANDU. Разгрузочная машина и порядок перегрузки на ЯЭУ «CANDU»

1.3. Программа дисциплины реализуется:

на государственном языке Российской Федерации (русский).

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

1. Солонин, В. И. Ядерные реакторные установки / В.И. Солонин .— Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010 .— 88 с. — URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=340457>
2. Лебедев, В. А. Ядерные энергетические установки / Лебедев В.А. — Москва : Лань", 2015 .— ISBN 978-5-8114-1868-8 .— <URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=67466>

Печатные издания

1. Велькин В.И, Титов Г.П. Ядерный энергетический реактор ВВЭР 1000. Методические указания по теплогидравлическому расчету ЯЭУ., изд. УГТУ, Екате-ринбург, 2006 г., 65 с. – 12 экз.
2. Дементьев, Борис Александрович. Ядерные энергетические реакторы : Учеб. для вузов по специальности "Атом. электростанции и установки" / Б. А. Дементьев .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат, 1990 .— 352 с. : ил. ; 22 см .— допуще-но в качестве учебника . — 16 экз.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные

1. Научная электронная библиотека eLibrary
2. Реферативная БД Scopus

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. ТЕХЭКСПЕРТ

Открытый фонд НТД (ГОСТ, СНИПов, СанПиНов, ВСН, РД, РДС, СП, ГЭСН, ФЕР, ТЕР, ГН, правовые акты).

URL: <http://www.cntd.ru/>.

2. РОССТАНДАРТ (тексты новых стандартов)

URL: <http://protect.gost.ru/default.aspx>; <http://libgost.ru/>.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя, оснащённое персональным компьютером Доска аудиторная Периферийное устройство	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Лабораторные занятия	Специализированная аудитория кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», оснащённая лабораторными стендами.	Не требуется
4	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
5	Текущий контроль и	Мебель аудиторная с	Не требуется

	промежуточная аттестация	количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	
--	-----------------------------	--	--