

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
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1156183	Физика и конструкции ядерных реакторов

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Проектирование и эксплуатация атомных станций	Код ОП 1. 14.05.02/33.01
Направление подготовки 1. Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг	Код направления и уровня подготовки 1. 14.05.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Велькин Владимир Иванович	доктор технических наук, доцент	Профессор	атомные станции и возобновляемые источники энергии
2	Климова Виктория Андреевна	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	атомные станции и возобновляемые источники энергии
3	Радченко Руслан Васильевич	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	атомные станции и возобновляемые источники энергии
4	Тучков Андрей Михайлович	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	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	Ядерная физика	6
2	Теория переноса нейтронов	6
3	Физика ядерных реакторов	7
4	Ядерные энергетические реакторы	4

5	Проект по модулю "Физика и конструкции ядерных реакторов "	1
ИТОГО по модулю:		24

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none"> 1. Научно-фундаментальные основы профессиональной деятельности 2. Естественные науки 3. Введение в профессиональную деятельность
Постреквизиты и кореквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основы термодинамики, гидравлики и теплотехники 2. Математическое моделирование физических процессов 3. Вопросы радиационной безопасности 4. Атомные станции 5. Монтаж, ремонт и модернизация оборудования атомных станций 6. Контроль и управление ядерными энергетическими установками

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
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	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

	<p>исследования в сфере ядерной энергетики и технологий</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>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-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>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</p>	<p>З-3 - Описывать оборудование и технические характеристики основных технологических систем атомных электростанций, технические характеристики и конструктивные особенности основных типов реакторных установок</p> <p>З-11 - Объяснять нейтронно-физические и теплогидравлические процессы, протекающие в основном оборудовании атомных станций</p> <p>У-5 - Анализировать нейтронно-физические и теплогидравлические процессы, происходящие в ядерном реакторе</p> <p>У-6 - Оценивать выгорание ядерного топлива и потребность в ядерном топливе</p> <p>У-7 - Выбирать из справочных данных константы для нейтронно-физического расчета ядерного реактора</p> <p>У-8 - Выполнять теплогидравлический расчет ядерной энергетической установки, включая расчет параметров активной зоны,</p>

		<p>распределение критических температур по высоте и радиусу активной зоны</p> <p>П-3 - Иметь практический опыт оценки нейтронно-физических характеристик активной зоны реакторной установки</p> <p>П-4 - Иметь практический опыт выполнения теплогидравлического расчета 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>
<p>Теория переноса нейтронов</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-2 - Сформулировать базовые законы переноса нейтронов и взаимодействия нейтронов с веществом</p> <p>З-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</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>
<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</p> <p>З-2 - Сформулировать базовые законы переноса нейтронов и взаимодействия нейтронов с веществом</p> <p>З-3 - Перечислить условия, необходимые для осуществления ядерных реакций, в том числе самоподдерживающейся цепной ядерной реакции деления</p> <p>З-4 - Идентифицировать особенности физики различных типов реакторов на тепловых и быстрых нейтронах</p> <p>З-5 - Изложить основные положения теории критических размеров, теории решетки</p> <p>З-6 - Описывать нестационарные процессы, происходящие в ядерном реакторе</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-4 - Соотносить процессы, происходящие в оборудовании объектов использования атомной энергии, с теоретическими представлениями физики ядерных реакторов</p> <p>У-8 - Выбирать справочные данные для решения задач, в том числе в цифровой среде</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>З-1 - Сделать обзор целей и задач проведения физических экспериментов на этапах физического и энергетического пуска энергоблока</p> <p>З-6 - Описывать принципы работы и характеристики оборудования, применяемого для экспериментального определения нейтронно-физических параметров реакторной установки</p> <p>У-3 - Определять оптимальные методы проведения нейтронно-физических измерений</p> <p>У-7 - Различать особенности физического и энергетического пуска атомной станции</p> <p>П-2 - Иметь практический опыт определения термодинамических, физических и теплофизических параметров теплоносителя и рабочего тела атомной станции</p>
	<p>ПК-6 - Способен в составе рабочей группы организовывать безопасную и экономичную эксплуатацию реакторной установки или оборудования и</p>	<p>З-11 - Объяснять нейтронно-физические и теплогидравлические процессы, протекающие в основном оборудовании атомных станций</p> <p>З-12 - Характеризовать методы расчета эксплуатационных параметров активных зон реакторов, эффектов и коэффициентов</p>

	<p>технологических систем блока атомной электростанции, в том числе проводить нейтронно-физические, теплогидравлические расчеты, анализировать технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты АС</p>	<p>реактивности реакторов, программы и методики расчета загрузок активных зон при перегрузках реакторов</p> <p>У-5 - Анализировать нейтронно-физические и теплогидравлические процессы, происходящие в ядерном реакторе</p> <p>У-6 - Оценивать выгорание ядерного топлива и потребность в ядерном топливе</p> <p>У-7 - Выбирать из справочных данных константы для нейтронно-физического расчета ядерного реактора</p> <p>У-9 - Проводить физические, теплофизические, и теплогидравлические расчеты и измерения для обоснования и контроля режимов эксплуатации ядерных энергоблоков</p> <p>У-10 - Рассчитывать эксплуатационные параметры реакторной установки, эффекты и коэффициенты реактивности</p> <p>П-3 - Иметь практический опыт оценки нейтронно-физических характеристик активной зоны реакторной установки</p> <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>
<p>Ядерная физика</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</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>ядерной энергетики и технологий</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 реакторной установки и АС в целом</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>
<p>Ядерные энергетические реакторы</p>	<p>ПК-6 - Способен в составе рабочей группы организовывать безопасную и экономичную эксплуатацию реакторной установки или оборудования и технологических систем</p>	<p>З-3 - Описывать оборудование и технические характеристики основных технологических систем атомных электростанций, технические характеристики и конструктивные особенности основных типов реакторных установок</p>

	<p>блока атомной электростанции, в том числе проводить нейтронно-физические, теплогидравлические расчеты, анализировать технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты АС</p>	<p>У-5 - Анализировать нейтронно-физические и теплогидравлические процессы, происходящие в ядерном реакторе</p> <p>У-8 - Выполнять теплогидравлический расчет ядерной энергетической установки, включая расчет параметров активной зоны, распределение критических температур по высоте и радиусу активной зоны</p> <p>П-3 - Иметь практический опыт оценки нейтронно-физических характеристик активной зоны реакторной установки</p> <p>П-4 - Иметь практический опыт выполнения теплогидравлического расчета 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>
--	---	--

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Ядерная физика

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Климова Виктория Андреевна	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподавате ль	атомные станции и возобновляемые источники энергии
2	Радченко Руслан Васильевич	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподавате ль	атомные станции и возобновляемые источники энергии

Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Климова Виктория Андреевна, Старший преподаватель, 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;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

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. Альфа-радиоактивность. Закономерности альфа-распада. Квантово-механическое описание альфа-распада. Бета-распад. Особенности и типы бета-распада. Нейтрино. Гамма-излучение ядер. Радиационные переходы. Резонансное поглощение гамма-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 Вайцзекера. Параметр деления. Потенциальный барьер на границе при деформации ядра. Порог деления. Порог деления нейтронами. «Делящиеся» ядра. Возможность осуществления управляемой цепной ядерной реакции.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	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	П-1 - Иметь практический опыт подготовки данных для проведения нейтронно-физических расчетов, в том числе с помощью программных кодов моделирования нейтронно-физических процессов

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Ядерная физика

Электронные ресурсы (издания)

1. Калашников, Н. П.; Практикум по решению задач по общему курсу физики. Основы квантовой физики. Строение вещества. Атомная и ядерная физика; Лань, Санкт-Петербург; 2014; http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=49468 (0 экз.)
2. Мухин, К. Н.; Физика атомного ядра : учеб. для студ. вузов. В 3 т. Т. 1. ; Лань, Санкт-Петербург; 2009; https://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=277 (0 экз.)
3. Мухин, К. Н.; Физика ядерных реакций : [в 3 томах] : учебник. Т. 2. ; Лань, Санкт-Петербург; 2009; https://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=279 (0 экз.)
4. Мухин, К. Н.; Физика элементарных частиц : учеб. для студ. вузов. В 3 т. Т. 3. ; Лань, Санкт-Петербург; 2008; https://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=280 (0 экз.)

Печатные издания

1. Климов, А. Н.; Ядерная физика и ядерные реакторы : Учеб. для инж.-физ. спец. вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1985 (22 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

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

Live Chart of Nuclides (интерактивная диаграмма нуклидов). Режим доступа - свободный: <https://www-nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html>

РОСФОНД – РОСсийская библиотека Файлов Оцененных Нейтронных Данных. Режим доступа - свободный: <https://www.ippe.ru/reactors/reactor-constants-datacenter/rosfond-neutron-database>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Ядерная физика

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	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Лабораторные занятия	Специализированные лабораторные стенды кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии».	
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	Не требуется
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	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	Климова Виктория Андреевна	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподавате ль	атомные станции и возобновляемые источники энергии
2	Радченко Руслан Васильевич	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподавате ль	атомные станции и возобновляемые источники энергии

Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Климова Виктория Андреевна, Старший преподаватель, 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;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

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 ядерного 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. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	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	П-3 - Выполнять в рамках учебных заданий расчет изотопного состава облученного ядерного топлива

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория переноса нейтронов

Электронные ресурсы (издания)

1. Кондратенко, С. Г.; Метрология нейтронного излучения : учебное пособие.; Академия стандартизации, метрологии и сертификации, Москва; 2014;

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275585> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Мухин, К. Н., Алферов, Ж. И.; Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.]. Т. 1. Физика атомного ядра; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2008 (18 экз.)
2. Мухин, К. Н., Алферов, Ж. И.; Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.]. Т. 2. Физика ядерных реакций; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2008 (12 экз.)
3. Мухин, К. Н., Алферов, Ж. И.; Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.]. Т. 3. Физика элементарных частиц; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2008 (22 экз.)
4. Климов, А. Н.; Ядерная физика и ядерные реакторы : Учеб. для инж.-физ. спец. вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1985 (22 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Научная электронная библиотека eLibrary

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

Live Chart of Nuclides (интерактивная диаграмма нуклидов). Режим доступа - свободный: <https://www-nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html>

РОСФОНД – РОСсийская библиотека Файлов Оцененных Нейтронных Данных. Режим доступа - свободный: <https://www.ippe.ru/reactors/reactor-constants-datacenter/rosfond-neutron-database>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория переноса нейтронов

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 Доска аудиторная	Office 365 EDUA3 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 Периферийное устройство	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Лабораторные занятия	Специализированные лабораторные стенды кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии».	Не требуется
4	Курсовая работа/ курсовой проект	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Не требуется
5	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Не требуется
6	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется
7	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	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, без ученого звания	Доцент	атомных станций и возобновляемых источников энергии

Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Тучков Андрей Михайлович, Доцент, 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;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	
P1.T1	Основные сведения из ядерной и нейтронной физики	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 в бесконечной среде и среде конечных размеров. Условие критичности. Аддитивная форма коэффициента размножения.
P2	Теория критических размеров	
P2.T1	Гомогенный реактор без отражателя	Уравнение реактора в диффузионно-возрастном приближении. Условие критичности реактора. Геометрический параметр для реакторов различной формы. Однорупповое приближение. Распределение потока нейтронов в однозонных реакторах. Коэффициент неравномерности. Двухзонный цилиндрический

		реактор. Цилиндрический реактор с центральным регулирующим стержнем.
P2.T2	Гомогенный реактор с отражателем	Уравнение для активной зоны и отражателя в однокрупном приближении. Граничные условия. Плоский реактор с отражателем конечной толщины. Эффективная добавка. Условие критичности плоского реактора. Условие критичности сферического и цилиндрического реакторов. Определение критического радиуса. Коэффициенты неравномерности реактора с отражателем. Реактор с отражателем в двухкрупном приближении. Система уравнений для однозонного реактора с отражателем и условие критичности. Пространственное распределение плотности потока быстрых и тепловых нейтронов. Цилиндрический реактор, окруженный отражателем со всех сторон. Многозонный реактор.
P3	Теория решетки	
P3.T1	Основные предположения и допущения в теории решетки	Физические особенности гетерогенного реактора. Элементарная ячейка. Тесные, разреженные и сложные решетки. Блок-эффект в резонансном поглощении и поглощении тепловых нейтронов. Метод вероятности первых столкновений (ВПС). Соотношение взаимности. Расчет ВПС в разреженных, тесных и сложных решетках. Схема расчета гетерогенного реактора на тепловых нейтронах. Основные параметры решетки.
P3.T2	Размножающие свойства гетерогенной среды	Коэффициент размножения на быстрых нейтронах, его зависимость от типа реактора и решетки. Вероятность избежать резонансного поглощения. Расчет эффективного резонансного интеграла и вероятности избежать резонансного поглощения в различных типах решетки. Коэффициент использования тепловых нейтронов. Относительное вредное поглощение нейтронов. Внутренний и внешний блок-эффект. Диффузионное приближение. Метод Амуаля, Бенуа, Горовица (АБГ). Расчет коэффициента использования тепловых нейтронов в различных типах ячеек. Спектры нейтронов и усреднение сечений в области энергий тепловых нейтронов. Число вторичных нейтронов деления на один поглощенный топливом нейтрон. Влияние состава топлива. Метод Весткотта для описания цикла размножения нейтронов. Расчет длин диффузии и замедления в решетках. Возраст нейтронов. Зависимость материального параметра от отношения объемов замедлителя и топлива.
P4	Нестационарные процессы в реакторе	
P4.T1	Температурные эффекты	Основы кинетики реактора. Реактор на мгновенных нейтронах. Реактор с запаздывающими нейтронами. Ядерный температурный коэффициент реактивности. Плотностной температурный коэффициент реактивности.

P4.T2	Изменение нуклидного состава топлива	Изотопный состав урана и плутония. Шлакование реактора. Отравление реактора. Глубина выгорания топлива. Кампания реактора. Выгорающие поглотители. Воспроизводство делящегося материала.
P5	Нейтронно-физические особенности и расчет энергетических реакторов	
P5.T1	Водо-водяные энергетические реакторы (ВВЭР)	Физические и конструктивные особенности реакторов ВВЭР. Компенсация реактивности и органы регулирования. Коэффициенты неравномерности энерговыделения. Выгорание и перегрузка топлива. Постановка 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. Четырехгрупповой метод расчета реакторов ВВЭР. Гомогенизация ячейки. Подготовка групповых констант. Определение эффективного коэффициента размножения и кампании реактора.
P5.T2	Водо-водяные кипящие реакторы	Физические особенности водо-водяных реакторов кипящего типа. Особенности конструкции и физического расчета. Связь физического расчета с теплогидравлическим. Методы выравнивания энерговыделения. Выбор основных теплофизических параметров реактора.
P5.T3	Реакторы канального типа	Физические особенности канальных графитовых реакторов (РБМК). Особенности конструкции. Коэффициенты неравномерности энерговыделения. Физический расчет канальных реакторов. Особенности расчета коэффициента размножения методом Весткотта. Определение параметров реактора. Тяжеловодные реакторы. Особенности конструкции и физического расчета тяжеловодного канального реактора.
P5.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.T5	Нейтронно-физические расчеты на ЭВМ	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.

		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).
Р6	Нейтронно-физические характеристики, определяемые в экспериментах на сборках и реакторах	
Р6.Т1	Экспериментальные методы определения нейтронно-физических характеристик	Методы измерения скоростей реакций и нуклидного состава топлива, запаса реактивности. Измерение энергетических спектров нейтронов и распределения энергосвыделения. 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. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская профориентационная деятельность	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной профессиональной деятельности	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	П-6 - Осуществлять обоснованный выбор методов теоретического и экспериментального исследования процессов, протекающих в оборудовании объектов использования атомной энергии

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика ядерных реакторов

Электронные ресурсы (издания)

1. Красников, П. В.; Расчеты физических характеристик ядерных реакторов : учеб. пособие по курсам «физика ядерных реакторов», «конструирование установок ядерного топливного цикла», «перспективы развития установок ядерного топливного цикла».; МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва; 2014; http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=58558 (0 экз.)

Печатные издания

1. Бать, Г. А., Кабанов, Л. П., Коченев, А. С.; Исследовательские ядерные реакторы : Учеб. пособие.; Энергоатомиздат, Москва; 1985 (11 экз.)
2. Дементьев, Б. А.; Кинетика и регулирование ядерных реакторов : Учеб. пособие для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1986 (13 экз.)
3. Дементьев, Б. А.; Ядерные энергетические реакторы : Учеб. для вузов по специальности "Атом. электростанции и установки".; Энергоатомиздат, Москва; 1990 (17 экз.)
4. Усынин, Г. Б., Митенков, Ф. М.; Реакторы на быстрых нейтронах : Учеб. пособие для инж.-физ. и энерг. спец. вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1985 (17 экз.)
5. Галанин, А. Д.; Введение в теорию ядерных реакторов на тепловых нейтронах; Энергоатомиздат, Москва; 1990 (12 экз.)
6. , Николаев, М. Н., Цибуля, А. М.; Групповые константы для расчета реакторов и защиты : Справочник.; Энергоиздат, Москва; 1981 (21 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Научная электронная библиотека eLibrary

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

Live Chart of Nuclides (интерактивная диаграмма нуклидов). Режим доступа - свободный: <https://www-nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html>

РОСФОНД – РОСсийская библиотека Файлов Оцененных Нейтронных Данных. Режим доступа - свободный: <https://www.ippe.ru/reactors/reactor-constants-datacenter/rosfond-neutron-database>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика ядерных реакторов

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 Доска аудиторная Периферийное устройство	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 Периферийное устройство	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
4	Курсовая работа/ курсовой проект	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется

		Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	
--	--	---	--

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	атомные станции и возобновляемые источники энергии

Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Велькин Владимир Иванович, Профессор, 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;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	ЯЭУ с водой под давлением	Конструкция реактора ВВЭР. Технические характеристики. Конструкция корпуса реактора. 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. Твэлы и тепловыделяющие сборки реактора ВВЭР. Характеристики перегрузочной машины. Перегрузка топлива на ЯЭУ ВВЭР. Картограмма загрузки ВВЭР.
P2	ЯЭУ с кипящей водой (корпусные)	Теплофизические 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.

Р3	ЯЭУ с кипящей водой (канальные)	<p>Реакторы канального типа. Теплофизические 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;</p> <p>Конструкция технологического канала, канала охлаждения отражателя. Картограмма размещения каналов в активной зоне. Разгрузочно-загрузочная машина РБМК-1000. Перегрузка топлива на ЯЭУ РБМК-1000.</p>
Р4	ЯЭУ на быстрых нейтронах	<p>Реакторы на быстрых нейтронах (РБН). Теплофизические особенности реакторов БН. Технические характеристики БН-350, 600, 800, 1200. РБН со свинцовым теплоносителем. Зарубежные РБН. Конструкция ЯЭУ БН 600, БН-800. Конструкция топливного пакета активной зоны и зоны воспроизводства. Конструкция поворотной колонны. Назначение гидрозатвора. Тракт транспортировки свежего и отработавшего топлива. Картограмма загрузки а.з.</p>
Р5	ЯЭУ с газовым теплоносителем и графитовым замедлителем	<p>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.</p>
Р6	ЯЭУ на тяжелой воде	<p>Реакторы с тяжелой водой. Теплофизические особенности реакторных установок с тяжелой водой. Конструкция реактора CANDU. Разгрузочная машина и порядок перегрузки на ЯЭУ «CANDU»</p>

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность целенаправленная работа с информацией для использования в	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-6 - Способен в составе рабочей группы организовывать безопасную и экономичную эксплуатацию реакторной установки или оборудования и	П-4 - Иметь практический опыт выполнения теплогидравлического расчета ядерного реактора

	практических целях	Технология самостоятельной работы	технологических систем блока атомной электростанции, в том числе проводить нейтронно-физические, теплогидравлические расчеты, анализировать технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты АС	
--	--------------------	-----------------------------------	---	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Ядерные энергетические реакторы

Электронные ресурсы (издания)

1. Пронкин, Н. С.; Обеспечение безопасности обращения с радиоактивными отходами предприятий ядерного топливного цикла : учебное пособие.; Логос, Москва; 2012; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233787> (Электронное издание)
2. ; Энергетическая стратегия России на период до 2030 года; Энергия, Москва; 2010; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=58377> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Дементьев, Б. А.; Ядерные энергетические реакторы : Учеб. для вузов по специальности "Атом. электростанции и установки."; Энергоатомиздат, Москва; 1990 (17 экз.)
2. Нигматулин, И. Н.; Ядерные энергетические установки : Учеб. для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1986 (8 экз.)
3. , Ганчев, Б. Г., Доллежал, Н. А., Калишевский, Л. Л., Демешев, Р. С.; Ядерные энергетические установки : Учеб. пособие для энергомашиностроит. специальностей вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1990 (30 экз.)
4. Кириллов, П. Л., Бобков, В. П., Юрьев, Ю. С.; Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы; Энергоатомиздат, Москва; 1990 (19 экз.)
5. Велькин, В. И., Титов, Г. П., Щеклеин, С. Е.; Ядерный энергетический реактор ВВЭР-1000 : учеб.-метод. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2006 (12 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Научная электронная библиотека eLibrary

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

ТЕХЭКСПЕРТ. Открытый фонд НТД (ГОСТ, СНИПов, СанПиНов, ВСН, РД, РДС, СП, ГЭСН, ФЕР, ТЕР, ГН, правовые акты). URL: <http://www.cntd.ru/>.

РОССТАНДАРТ (тексты новых стандартов). URL: <http://protect.gost.ru/default.aspx>; <http://libgost.ru/>.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Ядерные энергетические реакторы

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 Доска аудиторная Периферийное устройство	Office 365 EDUA3 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 Периферийное устройство	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Лабораторные занятия	Специализированные лабораторные стенды и макеты кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии».	Не требуется
4	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Не требуется

		соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется
6	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Не требуется