

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Термоядерные реакторы и плазменные установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ФИЗИКА ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ**


<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.13</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	7 семестр - 3; 8 семестр - 3; всего - 6
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>216 часов</b>
<b>Лекции</b>	7 семестр - 32 часа; 8 семестр - 32 часа; всего - 64 часа
<b>Практические занятия</b>	7 семестр - 16 часов; 8 семестр - 10 часов; всего - 26 часа
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	7 семестр - 2 часа; 8 семестр - 2 часа; всего - 4 часа
<b>Самостоятельная работа</b>	7 семестр - 57,5 часа; 8 семестр - 63,5 часа; всего - 121,0 час
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Домашнее задание</b> <b>Расчетно-графическая работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	7 семестр - 0,5 часа;
<b>Экзамен</b>	8 семестр - 0,5 часа;
	<b>всего - 1,0 час</b>

**Москва 2020**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Гольцев А.О.
	Идентификатор	R1192f195-GoltsevAO-90f55037

(подпись)

А.О. Гольцев

(расшифровка  
подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** получение основных сведений о физических процессах, протекающих в ядерных реакторах, и их конструктивных особенностях, а также получение первичных навыков в проведении расчётов основных нейтронно-физических характеристик реактора

### Задачи дисциплины

- ознакомление с принципом работы, составом и принципиальной компоновкой ядерного энергетического реактора, физическими особенностями реакторов различных типов, перспективами развития реакторной техники;

- получение информации о энерговыделении и остаточном энерговыделении в реакторе, режимах работы энергетического реактора и контроле работы реактора.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-5 Способен принимать участие в расчетах характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах энергетического оборудования, ядерных и плазменных установок	ИД-бПК-5 Владеет навыками расчета основных нейтронно-физических характеристик ядерного реактора	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- классификацию ядерных реакторов, основные элементы и материалы, используемые в ядерных реакторах;</li><li>- основные источники научно-технической информации по физике ядерных реакторов;</li><li>- основные нейтронно-физические константы и приближения, используемые в расчётах характеристик ядерных реакторов;</li><li>- основные понятия и термины физики ядерных реакторов, методы экспериментальных и теоретических исследований.</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- производить расчётную оценку энерговыделения, эффектов реактивности, изменения изотопного состава в процессе работы реактора;</li><li>- использовать в расчётах современные доступные через интернет ядерные данные;</li><li>- выполнять расчеты количественных характеристик процессов, протекающих в ядерном реакторе на основе существующих методик;</li><li>- использовать основные законы ядерной и нейтронной физики в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования в физике ядерных реакторов.</li></ul>

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

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Термоядерные реакторы и плазменные установки (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора	6	7	4	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора"</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], гл. 1-5</p>	
1.1	Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора	6		4	-	-	-	-	-	-	-	2	-		
2	Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр	22		10	-	6	-	-	-	-	-	-	6		-
2.1	Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр	22		10	-	6	-	-	-	-	-	-	6		-
														<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена</p>	

														на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл. 1-4
3	Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение	20	8	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение"	
3.1	Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение	20	8	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b>	

														Повторение материала по разделу "Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл. 5, 6 [2], гл. 5
4	Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"	24	10	-	6	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей""
4.1	Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"	24	10	-	6	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"" <b><u>Изучение материалов литературных</u></b>

													<b>источников:</b> [2], гл. 6 [4], гл. 8	
	Экзамен	36.00		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.50	
	Всего за семестр	108.00		32	-	16	-	2	-	-	0.5	24	33.50	
	Итого за семестр	108.00		32	-	16	2	-	-	0.5	57.50			
5	Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности	14	8	8	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности"
5.1	Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности	14		8	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл. 10 [2], гл. 7 [4], п. 9.2, п. 9.3
6	Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора	14		8	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора"
6.1	Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора	14		8	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора" <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу



														"Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], разд. 1-4 [5], гл. 7 [6], разд. 1-4
7	Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей	27	8	-	3	-	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей"
7.1	Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей	27	8	-	3	-	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], п. 9.1 [5], гл. 13
8	Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность	17	8	-	3	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу

8.1	Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность	17		8	-	3	-	-	-	-	-	6	-	"Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность" <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл. 10 [4], п. 9.5
	Экзамен	36.00		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.50	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.00</b>		<b>32</b>	-	<b>10</b>	-	<b>2</b>	-	-	<b>0.5</b>	<b>30</b>	<b>33.50</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.00</b>		<b>32</b>	-	<b>10</b>	<b>2</b>	-	-	<b>0.5</b>	<b>63.50</b>			
	<b>ИТОГО</b>	<b>216.00</b>	-	<b>64</b>	-	<b>26</b>	<b>4</b>	-	-	<b>1.0</b>	<b>121.00</b>			

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора

#### 1.1. Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора

Ядерный реактор. Физическая классификация реакторов. Коэффициент размножения нейтронов в бесконечной среде. Возможные представления цикла размножения нейтронов. Эффективный коэффициент размножения.

### 2. Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр

#### 2.1. Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр

Гомогенный реактор без отражателя. Уравнение реактора в диффузно-возрастном приближении. Одногрупповое приближение. Геометрический параметр и распределение потока нейтронов по объему реактора. Квазикритическое приближение. Гомогенный однозонный реактор с отражателем в одногрупповом и двух групповом приближении. Эффективная добавка. Реактор без отражателя, эквивалентный реактору с отражателем. Многозонный реактор. Условие критичности двухзонного реактора с отражателем в одногрупповом приближении. Физические особенности гетерогенного реактора. Классификация реакторных решеток. Основные предположения и допущения в теории решетки. Принципы гомогенизации ячеек. Метод вероятностей первых столкновений (ВПС). Основные понятия метода ВПС. Соотношения между вероятностями. Расчет ВПС в разреженных и тесных решетках. Коэффициент размножения на быстрых нейтронах. Расчет коэффициента размножения на быстрых нейтронах для различных решеток. Зависимость этого коэффициента от параметров решетки и ее компонентов.

### 3. Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение

#### 3.1. Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение

Вероятность избежать резонансного поглощения. Применение метода ВПС для расчета эффективного резонансного интеграла. Расчет эффективного резонансного интеграла поглощения в различных решетках. Учет энергетической и пространственной экранировок, взаимного затенения блоков, замедления внутри блока, температурных эффектов. Зависимость вероятности избежать резонансного поглощения от параметров решетки и ее компонентов. Коэффициент использования тепловых нейтронов. Относительное вредное поглощение. Блок-эффект. Особенности расчета в различных ячейках. Спектры нейтронов и усреднение сечений в области тепловых энергий. Зависимость коэффициента использования тепловых нейтронов от параметров решетки и ее компонентов. Число вторичных нейтронов деления на один поглощенный топливом первичный нейтрон. Расчет длин диффузии и замедления в различных решетках. Зависимость возраста и квадрата длины диффузии нейтронов от температуры и параметров решетки. Зависимость материального параметра от отношения объемов замедлителя и топлива. Выбор оптимального варианта решетки.

### 4. Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"

#### 4.1. Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"

Водо-водяные энергетические реакторы (ВВЭР). Нейтронно-физические особенности. Компенсация реактивности и способы регулирования реактора. Коэффициенты

неравномерности энерговыделения. Перегрузка и выгорание топлива. Этапы нейтронно-физического расчета реактора. Оценочный расчет коэффициента размножения. Водяные кипящие реакторы (ВК). Нейтронно-физические особенности. Взаимосвязь нейтронно-физического и теплогидравлического расчетов. Сравнение характеристик реакторов типа ВК и ВВЭР. Канальные реакторы. Нейтронно-физические особенности и оценочный расчет канальных реакторов. Высокотемпературные реакторы. Нейтронно-физические особенности и оценочный расчет этих реакторов. Реакторы на быстрых нейтронах. Основные нейтронно-физические особенности (спектр нейтронов, воспроизводство делящихся материалов, запас реактивности, температурные эффекты). Особенности нейтронно-физического расчета.

## 5. Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности

### 5.1. Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности

Последовательность нейтронно-физического расчета реактора. Подготовка библиотек констант. Гомогенизация ячейки. Расчет макроячейки, полячейки, гомогенного реактора. Обзор методов решения уравнения переноса нейтронов. Программы расчета реакторных ячеек на ЭВМ. Физические модели и методы подготовки многогрупповых микроскопических констант и расчета ячеек. Этапы расчета реакторной ячейки. Спектральная и пространственная задачи. Редактирование. Режимы работы программ. Расчеты состояния, выгорания топлива, эффектов реактивности.

## 6. Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора

### 6.1. Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора

Гидродинамика и теплообмен в ядерных энергетических реакторах. Гидравлические потери давления для случаев применения однофазного и кипящего теплоносителей. Теплообмен для случаев применения однофазного, кипящего и двухкомпонентного теплоносителей. Критические тепловые нагрузки. Кризис теплообмена. Тепловой расчет энергетических реакторов, охлаждаемых однофазным теплоносителем. Формирование расчетной ячейки. Распределение температуры по высоте ТВЭЛа и по сечению расчетной ячейки. Расчет температуры замедлителя в графитовых реакторах. Теплогидравлический расчет кипящих реакторов. Расчет водо-водяного кипящего реактора. Теплогидравлический расчет высокотемпературных газовых реакторов. Схемы движения шаровых ТВЭЛов в активной зоне. Распределение температуры в шаровом ТВЭЛе. Расчет температурного режима теплоносителя в активной зоне.

## 7. Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей

### 7.1. Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей

Программы расчета реакторов. Физические модели и методы расчета реакторов. Режимы работы программ. Расчеты состояний, эффективности СУЗ, эффектов и коэффициентов реактивности, выгорания топлива. Структура и этапы нейтронно-физического проектирования энергетического реактора. Классификация экспериментов. Зависимость особенностей эксперимента от способа использования получаемой информации. Взаимосвязь расчетных и экспериментальных исследований. Нейтронно-физические характеристики, определяемые в экспериментах на сборках и реакторах. Сравнение

экспериментов на реакторах, подкритических и критических стендах. Энерговыведение в реакторе. Организация теплоотвода. Энерговыведение в активной зоне реактора, в корпусе, в конструкционных материалах, в элементах биологической защиты. Распределение энерговыведения. Локальные и технические коэффициенты неравномерности. Эффекты реактивности. Остаточное тепловыведение.

#### 8. Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность

8.1. Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора.  
Ядерная и радиационная безопасность

Режимы работы энергетического ядерного реактора. Контроль работы реактора. Принципиальная схема управления ядерным реактором. Штатные и аварийные режимы работы реактора. Понятие о нестационарных процессах в реакторе. Переходные режимы. Отравление. Шлакование. Вопросы безопасности ядерных реакторов. Анализ аварийных ситуаций и аварий. Средства предупреждения и предотвращения аварий. Средства локализации аварий.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Задачи по диффузии и замедлению нейтронов в конечных и бесконечных средах для источников различной формы;
2. Расчет условий критичности для разных по форме и структуре гомогенных реакторов;
3. Расчет составляющих коэффициента размножения;
4. Анализ зависимостей составляющих коэффициента размножения от параметров решетки и зон ячейки;
5. Нейтронно-физический расчет ячеек ВВЭР (расчеты состояний и выгорания). Анализ результатов расчетов;
6. Нейтронно-физический расчет ячеек РБМК (расчеты состояний и выгорания). Анализ результатов расчетов;
7. Расчет энерговыведения в активной зоне реактора ВВЭР при загрузке активной зоны ядерным топливом определенного обогащения;
8. Расчет коэффициента неравномерности энерговыведения для двухзонного реактора с отражателем в однокрупном приближении;
9. Расчет гомогенных ядерных концентраций в материалах и конструкциях ячеек ядерных реакторов;
10. Определение скорости деления урана-235, соответствующей определенной мощности реактора и массы выгоревшего урана-235 за определенный промежуток времени при работе реактора на заданном уровне мощности;
11. Теплогидравлический расчет реактора;
12. Определение распределения температур в топливном сердечнике и в ТВС ТВЭЛа реактора на быстрых нейтронах;
13. Определение распределения температур в блоке графитовой кладки реактора РБМК.

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей""
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)								Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
<b>Знать:</b>											
основные понятия и термины физики ядерных реакторов, методы экспериментальных и теоретических исследований	ИД-6ПК-5	+									Домашнее задание/Расчёт ядерных концентраций изотопов в материалах активной зоны. Гомогенизация материального состава
основные нейтронно-физические константы и приближения, используемые в расчётах характеристик ядерных реакторов	ИД-6ПК-5				+						Домашнее задание/Расчёт критической массы однородного реактора
основные источники научно-технической информации по физике ядерных реакторов	ИД-6ПК-5			+							Домашнее задание/Расчет вероятности избежать резонансного захвата
классификацию ядерных реакторов, основные элементы и материалы, используемые в ядерных реакторах	ИД-6ПК-5		+								Домашнее задание/Расчёт нейтронно-физических констант
<b>Уметь:</b>											
использовать основные законы ядерной и нейтронной физики в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования в физике ядерных реакторов	ИД-6ПК-5					+					Расчетно-графическая работа/Выполнение части 1 РГР
выполнять расчеты количественных характеристик процессов, протекающих в ядерном реакторе на основе существующих методик	ИД-6ПК-5							+			Расчетно-графическая работа/Выполнение части 2 РГР
использовать в расчётах современные доступные через интернет ядерные данные	ИД-6ПК-5								+		Расчетно-графическая работа/Выполнение части 3 РГР
производить расчётную оценку энерговыделения, эффектов реактивности, изменения изотопного состава в процессе работы реактора	ИД-6ПК-5									+	Расчетно-графическая работа/Выполнение части 4 РГР

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **7 семестр**

Форма реализации: Проверка задания

1. Расчет вероятности избежать резонансного захвата (Домашнее задание)
2. Расчёт критической массы однородного реактора (Домашнее задание)
3. Расчёт нейтронно-физических констант (Домашнее задание)
4. Расчёт ядерных концентраций изотопов в материалах активной зоны. Гомогенизация материального состава (Домашнее задание)

#### **8 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Выполнение части 1 РГР (Расчетно-графическая работа)
2. Выполнение части 2 РГР (Расчетно-графическая работа)
3. Выполнение части 3 РГР (Расчетно-графическая работа)
4. Выполнение части 4 РГР (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

#### Экзамен (Семестр №7)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

#### Экзамен (Семестр №8)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Глесстон, С. Основы теории ядерных реакторов : пер. с англ. / С. Глесстон, М. Эдлунд . – М. : Изд-во иностранной лит., 1954 . – 459 с.;
2. Климов, А. Н. Ядерная физика и ядерные реакторы : Учебник для вузов по направлению 651000 "Ядерная физика и технологии" для специальностей 070500, 070900, 074300 и 200600 / А. Н. Климов . – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 2002 . – 464 с. - ISBN 5-283-03843-2 .;
3. Теплоэнергетика и теплотехника : справочник : в 4 кн. / Общ. ред. А. В. Клименко, В. М. Зорин . – 4-е изд., стер . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . - ISBN 978-5-383-00015-1 . Кн.3 : Тепловые и атомные электростанции / М. С. Алхутов, и др. ; Общ. ред. А. В. Клименко, В. М. Зорин . – 2007 . – 648 с. - ISBN 978-5-383-00018-2 .



[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4275](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4275);

4. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов / Г. Г. Бартоломей, и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 512 с. - ISBN 5-283-03804-1. ;
5. Дементьев, Б. А. Ядерные энергетические реакторы : Учебник для вузов по специальности "Атомные электростанции и установки" / Б. А. Дементьев. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 352 с. - ISBN 5-283-03863-X. ;
6. Щепетина Т.Д.- "Теплоэнергетика и теплотехника. Кн. 3. Тепловые и атомные электростанции", Издательство: "МЭИ", Москва, 2007 - (648 с.)  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383000182.html>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.

### **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>Тип помещения</b>	<b>Номер аудитории, наименование</b>	<b>Оснащение</b>
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Б-302, Специализированная учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, компьютер персональный, наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Б-302, Специализированная учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, компьютер персональный, наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для самостоятельной работы	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер,

		наборы демонстрационного оборудования
Помещения для консультирования	А-208, Преподавательская	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	А-025, Кладовка лабораторного оборудования	стеллаж, оборудование специализированное

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Физика ядерных реакторов

(название дисциплины)

#### 7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Расчёт ядерных концентраций изотопов в материалах активной зоны. Гомогенизация материального состава (Домашнее задание)  
 КМ-2 Расчёт нейтронно-физических констант (Домашнее задание)  
 КМ-3 Расчет вероятности избежать резонансного захвата (Домашнее задание)  
 КМ-4 Расчёт критической массы однородного реактора (Домашнее задание)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора					
1.1	Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора		+			
2	Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр					
2.1	Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр			+		
3	Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение					
3.1	Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение				+	
4	Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"					
4.1	Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25

#### 8 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Выполнение части 1 РГР (Расчетно-графическая работа)  
 КМ-2 Выполнение части 2 РГР (Расчетно-графическая работа)  
 КМ-3 Выполнение части 3 РГР (Расчетно-графическая работа)  
 КМ-4 Выполнение части 4 РГР (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
---------------	-------------------	------------	------	------	------	------

		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности					
1.1	Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности		+			
2	Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора					
2.1	Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора			+		
3	Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей					
3.1	Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей				+	
4	Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность					
4.1	Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25