

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

---

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Физико-технические проблемы атомной энергетики

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕАКТОРЫ**

<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.08</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>1 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>1 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>1 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1 семестр - 75,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Тестирование</b> <b>Домашнее задание</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>1 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Никонов С.М.
	Идентификатор	R7ec65784-NikonovSM-8045003e

С.М. Никонов


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мелихов О.И.
	Идентификатор	Re9797a97-MelikhovOI-83f385d8

О.И. Мелихов

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хвостова М.С.
	Идентификатор	R5ead212f-KhvostovaMS-a4cf11ca

М.С. Хвостова

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Цель освоения дисциплины состоит в изучении конструктивных особенностей и принципов работы современных ядерных энергетических реакторов.

### Задачи дисциплины

- Ознакомление с принципом работы, составом и компоновкой ядерного энергетического реактора, физическими особенностями реакторов различных типов, перспективами развития реакторной техники;
- Изучение режимов работы энергетического реактора и методов контроля работы реактора;
- Получение навыков принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании современного энергетического реактора и систем его безопасности;
- Освоение методики выполнения тепло-гидравлического расчёта энергетических реакторов.

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-1 Способен анализировать и моделировать физические и технологические процессы, используемые в атомной энергетике	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Знает теорию нестационарных нейтронно-физических процессов и способы воздействия на них в ядерных реакторах	уметь: - Определять основные характеристики ядерных энергетических реакторов, отражающие их состояние.
ПК-1 Способен анализировать и моделировать физические и технологические процессы, используемые в атомной энергетике	ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Знает принципы управления объектами АЭС, функции и задачи автоматизированных систем управления, сигнализации и защиты	знать: - Режимы работы и принципы управления ядерным энергетическим реактором.
ПК-1 Способен анализировать и моделировать физические и технологические процессы, используемые в атомной энергетике	ИД-4 <sub>ПК-1</sub> Знает принципы обеспечения безопасности атомных электростанций на всех стадиях их жизненного цикла	знать: - Основные требования предъявляемые к системам безопасности реакторных установок.  уметь: - Выполнять тепло-гидравлические расчеты ядерных энергетических реакторов.
ПК-3 Способен самостоятельно определять направление и характер проводимых научно-практических работ, учитывать современные тенденции развития атомной энергетики	ИД-3 <sub>ПК-3</sub> Знает современные тенденции развития атомной энергетики	знать: - Основные типы ядерных энергетических реакторов и их особенности.  уметь: - Определять практически целесообразные конструкции ядерных реакторов и допустимые для них сочетания материалов.

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

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Физико-технические проблемы атомной энергетики (далее – ОПОП), направления подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы механики жидкости и газов
- знать основы теплофизики
- знать основы технической термодинамики

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 3 зачетных единицы, 108 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	Принцип работы и основные характеристики реактора	12	1	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Принцип работы и основные характеристики реактора"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Принцип работы и основные характеристики реактора" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Принцип работы и основные характеристики реактора"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 12-26 [5], гл. 1 [6], гл. 2-3</p>	
1.1	Принцип работы и основные характеристики реактора	12		2	-	4	-	-	-	-	-	6	-		
2	Конструкции и физические особенности реакторов различных типов	22		6	-	4	-	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Конструкции и физические особенности реакторов различных типов"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Конструкции и физические особенности реакторов различных типов" подготовка к выполнению заданий на практических</p>
2.1	Конструкции и физические особенности реакторов различных	22		6	-	4	-	-	-	-	-	-	12	-	

	ТИПОВ													занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Конструкции и физические особенности реакторов различных типов" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 26-128 [3], гл. 10-13 [4], гл. 4-6
3	Энерговыведение в реакторе и организация теплоотвода в проектных и аварийных режимах	40	4	-	4	-	-	-	-	-	32	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Энерговыведение в реакторе и организация теплоотвода в проектных и аварийных режимах" <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b>	
3.1	Энерговыведение в реакторе и организация теплоотвода в проектных и аварийных режимах	40	4	-	4	-	-	-	-	-	32	-	Изучение материала по разделу "Энерговыведение в реакторе и организация теплоотвода в проектных и аварийных режимах" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Энерговыведение в реакторе и организация теплоотвода в проектных и аварийных режимах" <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Энерговыведение в реакторе и организация теплоотвода в проектных и аварийных режимах". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: Теплогидравлический расчет реактора типа	

													ВВЭР. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 128-154 [2], гл. 6, 10-13
4	Управление цепной реакцией деления и режимы работы ядерного реактора	16	4	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Управление цепной реакцией деления и режимы работы ядерного реактора"
4.1	Управление цепной реакцией деления и режимы работы ядерного реактора	16	4	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Управление цепной реакцией деления и режимы работы ядерного реактора" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Управление цепной реакцией деления и режимы работы ядерного реактора" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 239-262
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	108.0	16	-	16	-	-	-	-	0.3	58	17.7	
	Итого за семестр	108.0	16	-	16	-	-	-	-	0.3	75.7		

**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. Принцип работы и основные характеристики реактора

##### 1.1. Принцип работы и основные характеристики реактора

Реакция деления тяжёлых ядер, как источник энерговыделения. Воспроизводящие изотопы. Коэффициент воспроизводства топлива. Реактивность. Период реактора. Дефект массы. Роль запаздывающих нейтронов. Состав и компоновка ядерного реактора. Материалы ядерного реактора и требования к ним. Теплоносители. Замедлители. Отражатели. Поглощители. Конструкционные материалы. Ядерное топливо. Классификация ядерных реакторов. Основные типы ядерных реакторов..

#### 2. Конструкции и физические особенности реакторов различных типов

##### 2.1. Конструкции и физические особенности реакторов различных типов

Конструкции и физические особенности водо-водяных реакторов с водой под давлением. Конструкции и физические особенности водо-водяных кипящих реакторов (ВК, АСТ, ВWR). Конструкции и физические особенности графитовых реакторов с водным теплоносителем (АМ, АМБ, ЭГП, РБМК, МКЭР). Конструкции и физические особенности газографитовых реакторов (Magnox, АGR, HTGR). Российские и советские проекты газографитовых реакторов (ВГ, ВГМ, МГР, ГТ-МГР). Конструкции и физические особенности тяжеловодных реакторов (CANDU, SGHWR, HWGCR, КС). Конструкции и физические особенности реакторов на быстрых нейтронах (БН, БРЕСТ, СВБР). Конструкции и физические особенности реакторов на расплавах солей (MSBR). Концепции реакторов IV поколения. Газоохлаждаемый быстрый реактор. Быстрый реактор с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем. Жидкосолевой реактор. Быстрый реактор с натриевым теплоносителем. Реактор с водным теплоносителем сверхкритических параметров. Высокотемпературный реактор с графитовым замедлителем. Проекты реакторных установок малой мощности..

#### 3. Энерговыделение в реакторе и организация теплоотвода в проектных и аварийных режимах

##### 3.1. Энерговыделение в реакторе и организация теплоотвода в проектных и аварийных режимах

Источники энерговыделения. Энерговыделение в активной зоне реактора. Энерговыделение в реакторных материалах. Энерговыделение в корпусе реактора. Организация теплоотвода. Распределение энерговыделения в активной зоне реактора. Локальные и технические коэффициенты неравномерности. Остаточное энерговыделение. Анализ возможных аварийных ситуаций. Средства предупреждения и предотвращения аварий. Защитные средства локализации и уменьшения последствий аварий..

#### 4. Управление цепной реакцией деления и режимы работы ядерного реактора

##### 4.1. Управление цепной реакцией деления и режимы работы ядерного реактора

Баланс нейтронов в активной зоне реактора. Контроль работы реактора. Измерение плотности нейтронов. Принципиальная схема управления ядерным реактором. Режимы работы ядерного реактора. Шлакование ядерного топлива. Отравление ксеноном. Отравление самарием. Органы регулирования реактора..

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

1. Отравление самарием;
2. Отравление ксеноном;



3. Воспроизводство ядерного топлива;
4. Выгорание ядерного топлива;
5. Теплогидравлический расчет реактора;
6. Определение основных характеристик реактора.

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

### **3.5 Консультации**

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Принцип работы и основные характеристики реактора"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Конструкции и физические особенности реакторов различных типов"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Энерговыделение в реакторе и организация теплоотвода в проектных и аварийных режимах"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Управление цепной реакцией деления и режимы работы ядерного реактора"

### **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	
<b>Знать:</b>						
Режимы работы и принципы управления ядерным энергетическим реактором	ИД-3ПК-1				+	Тестирование/Режимы работы реактора. Системы безопасности
Основные требования предъявляемые к системам безопасности реакторных установок	ИД-4ПК-1		+			Тестирование/Режимы работы реактора. Системы безопасности
Основные типы ядерных энергетических реакторов и их особенности	ИД-3ПК-3		+			Тестирование/Основные типы ядерных реакторов и их особенности
<b>Уметь:</b>						
Определять основные характеристики ядерных энергетических реакторов, отражающие их состояние	ИД-2ПК-1	+				Контрольная работа/Характеристики ядерных реакторов
Выполнять тепло-гидравлические расчеты ядерных энергетических реакторов	ИД-4ПК-1			+		Домашнее задание/Теплогидравлический расчет реактора типа ВВЭР
Определять практически целесообразные конструкции ядерных реакторов и допустимые для них сочетания материалов	ИД-3ПК-3		+			Тестирование/Основные типы ядерных реакторов и их особенности

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

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

#### **1 семестр**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Теплогидравлический расчет реактора типа ВВЭР (Домашнее задание)

Форма реализации: Письменная работа

1. Основные типы ядерных реакторов и их особенности (Тестирование)
2. Режимы работы реактора. Системы безопасности (Тестирование)
3. Характеристики ядерных реакторов (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №1)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

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

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

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

1. Дементьев, Б. А. Ядерные энергетические реакторы : Учебник для вузов по специальности "Атомные электростанции и установки" / Б. А. Дементьев . – М. : Энергоатомиздат, 1984 . – 280 с.;
2. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта / С. А. Андрушечко, и др. – М. : Логос, 2010 . – 604 с. - ISBN 978-5-98704-496-4 .;
3. 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 .;
4. Реакторы ВВЭР-1000 для атомных электростанций / В. К. Резепов, и др., ФГУП ОКБ 'Гидропресс' . – М. : Академкнига, 2004 . – 333 с.;
5. Рекшня Н. Ф., Столотнюк Я. Д.- "Водо-водяные кипящие реакторы", Издательство: "МГТУ им. Н.Э. Баумана", Москва, 2008 - (72 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=52126](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52126);
6. Тевлин С.А.- "Атомные электрические станции с реакторами ВВЭР-1000", Издательство: "МЭИ", Москва, 2020  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014134.html>.

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

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Scilab.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
7. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
8. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
9. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
10. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
11. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
12. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
13. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
14. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Т-320, Учебная аудитория	стол, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Т-305, Учебная аудитория	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Т-305, Учебная аудитория	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Т-305, Учебная аудитория	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-317, Помещение учебно-вспомогательного персонала	стол, стул, шкаф, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Ядерные энергетические реакторы

(название дисциплины)

#### 1 семестр

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

- КМ-1 Характеристики ядерных реакторов (Контрольная работа)
- КМ-2 Основные типы ядерных реакторов и их особенности (Тестирование)
- КМ-3 Теплогидравлический расчет реактора типа ВВЭР (Домашнее задание)
- КМ-4 Режимы работы реактора. Системы безопасности (Тестирование)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Принцип работы и основные характеристики реактора					
1.1	Принцип работы и основные характеристики реактора		+			
2	Конструкции и физические особенности реакторов различных типов					
2.1	Конструкции и физические особенности реакторов различных типов			+		+
3	Энерговыделение в реакторе и организация теплоотвода в проектных и аварийных режимах					
3.1	Энерговыделение в реакторе и организация теплоотвода в проектных и аварийных режимах				+	
4	Управление цепной реакцией деления и режимы работы ядерного реактора					
4.1	Управление цепной реакцией деления и режимы работы ядерного реактора					+
Вес КМ, %:			20	20	40	20