

**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: Атомные электростанции и установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

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.14</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>8 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>8 семестр - 28 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>8 семестр - 28 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>8 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>8 семестр - 85,5 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>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>8 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2024**

**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 В.И.
	Идентификатор	Rf4bcbd4b-MelikhovVI-7cf385d8

В.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 принципами работы ядерного реактора;
- Приобретение навыков принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании современного энергетического реактора и систем его безопасности;
- Ознакомление с физическими и конструкционными особенностями энергетических реакторов различных типов;
- Ознакомление с перспективами развития реакторной техники.

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-3 Способен к участию в эксплуатации и проектировании основного оборудования атомных электростанций и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Знает принципы работы, компоновку и физические особенности реакторных установок различных типов	знать: - Основные типы ядерных реакторов и их особенности.
ПК-3 Способен к участию в эксплуатации и проектировании основного оборудования атомных электростанций и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы	ИД-2 <sub>ПК-3</sub> Владеет навыками принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании оборудования АЭС	знать: - Требования предъявляемые к материалам ядерного реактора.
ПК-3 Способен к участию в эксплуатации и проектировании основного оборудования атомных электростанций и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы	ИД-4 <sub>ПК-3</sub> Демонстрирует понимание процессов, происходящих в оборудовании АЭС и их влияния на конструктивные особенности	уметь: - Определять основные характеристики реакторов, отражающие их состояние.

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

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

Требования к входным знаниям и умениям:

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

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 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ 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	Общие сведения о ядерных реакторах	28	8	6	-	10	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Общие сведения о ядерных реакторах"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Общие сведения о ядерных реакторах" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Общие сведения о ядерных реакторах"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 12-26</p>
1.1	Общие сведения о ядерных реакторах	28		6	-	10	-	-	-	-	-	12	-	
2	Конструкции и физические особенности реакторов различных типов	52		16	-	12	-	-	-	-	-	-	24	
2.1	Конструкции и физические особенности реакторов различных типов	52	16	-	12	-	-	-	-	-	-	24	-	<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 занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу</p>

													"Конструкции и физические особенности реакторов различных типов" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 26-118 [2], глава 9
3	Перспективы развития реакторов	8	2	-	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Перспективы развития реакторов"
3.1	Перспективы развития реакторов	8	2	-	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Перспективы развития реакторов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Перспективы развития реакторов" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 118-128
4	Режимы работы, остаточное энерговыделение и вопросы безопасности ядерных реакторов	20	4	-	6	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Режимы работы, остаточное энерговыделение и вопросы безопасности ядерных реакторов" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Режимы работы, остаточное энерговыделение и вопросы безопасности ядерных реакторов"
4.1	Режимы работы, остаточное энерговыделение и вопросы безопасности ядерных реакторов	20	4	-	6	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Режимы работы, остаточное энерговыделение и вопросы безопасности ядерных реакторов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>

														[1], стр. 128-154, стр. 239-290 [3], глава 6
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		28	-	28	-	2	-	-	0.5	52	33.5	
	Итого за семестр	144.0		28	-	28		2		-	0.5		85.5	

**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. Общие сведения о ядерных реакторах

#### 1.1. Общие сведения о ядерных реакторах

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. 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 реактора ВВЭР. Компоненты реактора ВВЭР. Особенности перегрузки ядерного топлива в ВВЭР. 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). Особенности перегрузки ядерного топлива в РБМК. Конструкции и физические особенности газографитовых реакторов (Magnox, AGR, 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)..

### 3. Перспективы развития реакторов

#### 3.1. Перспективы развития реакторов

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..

### 4. Режимы работы, остаточное энерговыделение и вопросы безопасности ядерных реакторов

#### 4.1. Режимы работы, остаточное энерговыделение и вопросы безопасности ядерных реакторов

Режимы работы ядерного реактора. Энерговыделение в активной зоне энергетического реактора. Остаточное энерговыделение при останове энергетического реактора. Возможные аварийные ситуации. Международная шкала ядерных событий (INES). Принцип глубокоэшелонированной защиты. Средства предупреждения и предотвращения аварий..

## **3.3. Темы практических занятий**

1. Построение и функционирование систем безопасности ядерного энергетического реактора;
2. Режимы работы ядерного реактора. Остаточное энерговыделение;
3. Теплогидравлический расчет реактора;
4. Сравнение конструкций и характеристик реакторов БРЕСТ-300 и БРЕСТ-1200;
5. Сравнение конструкций и характеристик реакторов БН-600, БН-800 и БН-1200. Физические и конструкционные особенности реакторов на быстрых нейтронах;



6. Физические особенности тяжеловодных реакторов и их влияние на конструкционные решения;
7. Совершенствование конструкции реактора РБМК-1000 и модификации реактора РБМК-1000;
8. Физические особенности реакторов с графитовым замедлителем и их влияние на конструкционные решения;
9. Физические особенности водо-водяных реакторов и их влияние на конструкционные решения;
10. Определение дефекта массы, периода реактора, коэффициента воспроизводства топлива, величины необходимой загрузки топлива для выработки заданного количества тепловой (электрической) энергии.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по разделу "Общие сведения о ядерных реакторах"
2. Обсуждение материалов по разделу "Конструкции и физические особенности реакторов различных типов"
3. Обсуждение материалов по разделу "Перспективы развития реакторов"
4. Обсуждение материалов по разделу "Режимы работы, остаточное энерговыделение и вопросы безопасности ядерных реакторов"

#### *Текущий контроль (ТК)*

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Общие сведения о ядерных реакторах"
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 "Перспективы развития реакторов"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Режимы работы, остаточное энерговыделение и вопросы безопасности ядерных реакторов"

### **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>						
Основные типы ядерных реакторов и их особенности	ИД-1ПК-3		+	+	+	Тестирование/Конструкции и физические особенности реакторов различных типов Тестирование/Надёжность и безопасность работы энергетического реактора Тестирование/Режимы работы энергетического ядерного реактора
Требования предъявляемые к материалам ядерного реактора	ИД-2ПК-3	+				Контрольная работа/Принцип работы и основные характеристики ядерного энергетического реактора
<b>Уметь:</b>						
Определять основные характеристики реакторов, отражающие их состояние	ИД-4ПК-3	+				Контрольная работа/Принцип работы и основные характеристики ядерного энергетического реактора

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

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

**8 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Конструкции и физические особенности реакторов различных типов (Тестирование)
2. Надёжность и безопасность работы энергетического реактора (Тестирование)
3. Принцип работы и основные характеристики ядерного энергетического реактора (Контрольная работа)
4. Режимы работы энергетического ядерного реактора (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Экзамен (Семестр №8)*

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

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. 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. Андрущечко, и др. – М. : Логос, 2010 . – 604 с. - ISBN 978-5-98704-496-4 .;
3. 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. SmathStudio.

### **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. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

5. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>

6. 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)

## 8 семестр

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

- КМ-1 Принцип работы и основные характеристики ядерного энергетического реактора (Контрольная работа)  
 КМ-2 Конструкции и физические особенности реакторов различных типов (Тестирование)  
 КМ-3 Надёжность и безопасность работы энергетического реактора (Тестирование)  
 КМ-4 Режимы работы энергетического ядерного реактора (Тестирование)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Общие сведения о ядерных реакторах					
1.1	Общие сведения о ядерных реакторах		+			
2	Конструкции и физические особенности реакторов различных типов					
2.1	Конструкции и физические особенности реакторов различных типов			+	+	+
3	Перспективы развития реакторов					
3.1	Перспективы развития реакторов			+	+	+
4	Режимы работы, остаточное энерговыделение и вопросы безопасности ядерных реакторов					
4.1	Режимы работы, остаточное энерговыделение и вопросы безопасности ядерных реакторов			+	+	+
Вес КМ, %:			10	40	25	25