

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Технология воды и топлива на ТЭС и АЭС

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ**

<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.02</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>7 семестр - 2;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>72 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>7 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</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>7 семестр - 39,7 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>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>7 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Проскуряков К.Н.
	Идентификатор	R4733703f-ProskuriakovKN-49abf4e

К.Н.  
Проскуряков


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В. Шацких

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В. Шацких

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** включает в себя основы ядерной физики и технологий ядерной энергетики; принципы проектирования, эксплуатации и вывода из эксплуатации; в ознакомлении с проблемами продления срока службы, обеспечения замкнутого топливного цикла; повышения безопасности, сейсмостойкости; совершенствования методов и систем диагностирования и управления технологическими процессами и тяжелыми авариями

### Задачи дисциплины

- ознакомление с основными научно-техническими методами и средствами обеспечения безопасности и конкурентоспособности ядерных энергетических установок (ЯЭУ);
- ознакомление с технологическими процессами при производстве электроэнергии на атомных электрических станциях (АЭС);
- ознакомление с материалами, используемыми в ЯЭУ;
- приобретение навыков обоснования конкретных технических решений при проектировании, конструировании, эксплуатации и модернизации технических средств по производству теплоты, электрической энергии и автоматизации процессов на АЭС.

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 проводить расчеты объектов профессиональной деятельности с учетом их экономической эффективности	ИД-3ПК-1 Демонстрирует знание принципов действия, конструкций и режимов работы ядерных энергетических установок	знать: - принципы процессов: производства тепловой и электрической энергии на ЯЭУ, управления ядерным реактором, ввода и вывода из эксплуатации и ликвидации энергоблока; - понятия, определения и единицы измерения, используемые в дозиметрии ионизирующих излучений.  уметь: - демонстрировать понимание взаимосвязи задач обеспечения надежности, экономической эффективности и проектного срока службы оборудования ЯЭУ, повышения их безопасности и сейсмостойкости с задачами совершенствования методов и систем виброакустической диагностики; управления технологическими процессами и тяжелыми авариями; - рассчитывать предельно допустимое время работы персонала в зависимости от интенсивности радиации в зоне работы.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Технология воды и топлива на ТЭС и АЭС (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, 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 2 зачетных единицы, 72 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	Состояние и перспективы развития ядерной энергетики в мире. Основы ядерной и нейтронной физики	12	7	7	-	-	-	-	-	-	-	5	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Состояние и перспективы развития ядерной энергетики в мире. Основы ядерной и нейтронной физики"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Состояние и перспективы развития ядерной энергетики в мире. Основы ядерной и нейтронной физики"</p>
1.1	Состояние и перспективы развития ЯЭ	4		3	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
1.2	Ядерные реакции. Нейтронно-физические процессы в ядерном реакторе (ЯР)	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
1.3	Управление реактором. Особенности реактора как источника энергии	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
2	Топливный цикл ЯЭ. Классификация ЯЭУ. Функционирование АЭС	10		6	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
2.1	Топливный цикл ЯЭ. Классификация ЯЭУ	3	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-		
2.2	Функционирование АЭС, аварийные защиты, системы безопасности	3	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-		
2.3	Нормы радиационной	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-		

	безопасности; примеры решения практических задач. Вывод из эксплуатации												
3	Сравнительный анализ АЭС с реакторами ВВЭР, РБМК, БН и БРЕСТ. Судовая, космическая и малая ядерная энергетика	20	11	-	-	-	-	-	-	-	9	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Сравнительный анализ АЭС с реакторами ВВЭР, РБМК, БН и БРЕСТ. Судовая, космическая и малая ядерная энергетика" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Сравнительный анализ АЭС с реакторами ВВЭР, РБМК, БН и БРЕСТ. Судовая, космическая и малая ядерная энергетика" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 197-328, 363-383</p>
3.1	Сравнительный анализ АЭС с реакторами ВВЭР, РБМК, БН и БРЕСТ	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
3.2	Проекты АЭС с ВВЭР	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
3.3	Судовая, космическая и малая ЯЭ	4	3	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
3.4	Понятия, определения и единицы измерения, используемые в дозиметрии ионизирующих излучений	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
3.5	Естественный радиоактивный фон	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
4	Актуальные проблемы ядерной энергетики	12	8	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
4.1	Актуальные проблемы ЯЭ: продление срока службы, обеспечение замкнутого топливного цикла	4	3	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
4.2	Повышение безопасности, сейсмостойкости	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
4.3	Управления технологическими	4	3	-	-	-	-	-	-	-	1	-	

	процессами и тяжелыми авариями												
	Зачет с оценкой	18.0		-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	72.0		32	-	-	-	-	-	0.3	22	17.7	
	Итого за семестр	72.0		32	-	-	-	-	-	0.3	39.7		

**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. Состояние и перспективы развития ядерной энергетики в мире. Основы ядерной и нейтронной физики

##### 1.1. Состояние и перспективы развития ЯЭ

Ядерная энергетика в энергетическом балансе. Современное состояние ядерной энергетики в мире. Строение атома и особенности ядерных реакций. Атомное ядро строение и свойства ядра. Избыток массы.

##### 1.2. Ядерные реакции. Нейтронно-физические процессы в ядерном реакторе (ЯР)

Структура АЭС России. Безопасность атомной энергетики. Энергия связи. Устойчивость ядер. Радиоактивный распад. Ядерные реакции. Нейтронно-физические процессы в активной зоне ядерного реактора.

##### 1.3. Управление реактором. Особенности реактора как источника энергии

Механизм реакции деления. Цепная реакция деления. Механизм реакции деления. Цепная реакция деления. Нейтронный цикл в реакторе. Гомогенный и гетерогенный реакторы. Формула 4-х сомножителей. Коэффициент размножения на быстрых нейтронах. Утечка нейтронов. Роль запаздывающих нейтронов. Критическое и подкритическое состояние реактора. Управление ядерным реактором.

#### 2. Топливный цикл ЯЭ. Классификация ЯЭУ. Функционирование АЭС

##### 2.1. Топливный цикл ЯЭ. Классификация ЯЭУ

Тепловыделение в реакторе. Характеристики теплоносителей.

##### 2.2. Функционирование АЭС, аварийные защиты, системы безопасности

Принципы вывода из эксплуатации и этапы ликвидации. ядерного энергоблока. Топливный цикл ЯЭУ. Обогащение изготовление и переработка топлива. Открытый и замкнутый топливные циклы. Основные характеристики и классификация ЯЭУ по параметрам, конструктивным особенностям и типам.

##### 2.3. Нормы радиационной безопасности; примеры решения практических задач. Вывод из эксплуатации

Эксплуатационные режимы АЭС. Физический и энергетический пуски энергоблока. Основные правила эксплуатации реакторной установки. Переходные и маневренные режимы энергоблоков. Причины возникновения аварийных режимов. Аварийные ситуации и аварийные режимы. Аварийные режимы энергоблоков АЭС. Характерные причины аварийных ситуаций. Аварии с нарушением отвода теплоты от активной зоны. Аварии с потерей теплоносителя. Максимальная проектная авария. Аварийные защиты и системы безопасности.

#### 3. Сравнительный анализ АЭС с реакторами ВВЭР, РБМК, БН и БРЕСТ. Судовая, космическая и малая ядерная энергетика

##### 3.1. Сравнительный анализ АЭС с реакторами ВВЭР, РБМК, БН и БРЕСТ

Этапы эволюции АЭС с реакторами ВВЭР. АЭС с ВВЭР.-440, ВВЭР-1000, АЭС-2006. АЭС с реакторами ВВЭР, РБМК, БН и БРЕСТ.

##### 3.2. Проекты АЭС с ВВЭР



Анализ технико-экономических показателей и технологических схем АЭС с реакторами ВВЭР, РБМК, БН и БРЕСТ. Проекты нового поколения АЭС с ВВЭР.

### 3.3. Судовая, космическая и малая ЯЭ

Судовые ЯЭУ, космические ЯЭУ, малая ЯЭ, реакторы для АЭС малой и средней мощности.

### 3.4. Понятия, определения и единицы измерения, используемые в дозиметрии ионизирующих излучений

Ионизирующее излучение реактора. Понятия, определения и единицы измерения, используемые в дозиметрии ионизирующих излучений.

### 3.5. Естественный радиоактивный фон

Естественный радиоактивный фон. Мощность дозы. Предельно допустимы дозы. Расчет поглощенной в биологической ткани человека дозы при воздействии любого вида радиоактивного излучения.

## 4. Актуальные проблемы ядерной энергетики

### 4.1. Актуальные проблемы ЯЭ: продление срока службы, обеспечение замкнутого топливного цикла

Продление срока службы, обеспечение замкнутого топливного цикла.

### 4.2. Повышение безопасности, сейсмостойкости

Повышение безопасности, сейсмостойкости; совершенствование методов и систем диагностики.

### 4.3. Управления технологическими процессами и тяжелыми авариями

Управления технологическими процессами, и управления тяжелыми авариями. Использование систем диагностирования, прогнозирования и управления технологическими процессами ЯЭУ. Моделирование виброакустических процессов в реакторных установках с реакторами типа ВВЭР – 1000. Диагностирование и прогнозирование областей виброакустических резонансов при эксплуатации ЯЭУ с водным и пароводяным теплоносителями.

## **3.3. Темы практических занятий**

не предусмотрено

## **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

## **3.5 Консультации**

### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Состояние и перспективы развития ядерной энергетики в мире. Основы ядерной и нейтронной физики"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Топливный цикл ЯЭ. Классификация ЯЭУ. Функционирование АЭС"

3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Сравнительный анализ АЭС с реакторами ВВЭР, РБМК, БН и БРЕСТ. Судовая, космическая и малая ядерная энергетика"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Актуальные проблемы ядерной энергетики"

### **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>						
понятия, определения и единицы измерения, используемые в дозиметрии ионизирующих излучений	ИД-3ПК-1	+				Контрольная работа/Производство тепловой и электрической энергии ЯЭУ, управление реактором. Перспективы ЯЭ в XXI веке
принципы процессов: производства тепловой и электрической энергии на ЯЭУ, управления ядерным реактором, ввода и вывода из эксплуатации и ликвидации энергоблока	ИД-3ПК-1	+	+			Контрольная работа/Методы расчета нейтронно - физических параметров
<b>Уметь:</b>						
рассчитывать предельно допустимое время работы персонала в зависимости от интенсивности радиации в зоне работы	ИД-3ПК-1		+	+		Контрольная работа/Сравнительный анализ АЭС с реакторами различных типов Ионизирующее излучение реактора
демонстрировать понимание взаимосвязи задач обеспечения надежности, экономической эффективности и проектного срока службы оборудования ЯЭУ, повышения их безопасности и сейсмостойкости с задачами совершенствования методов и систем виброакустической диагностики; управления технологическими процессами и тяжелыми авариями	ИД-3ПК-1		+		+	Контрольная работа/Актуальные проблемы ядерной энергетики. Методы и системы диагностики

## **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: Билеты (письменный опрос)

1. Актуальные проблемы ядерной энергетики. Методы и системы диагностики (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Методы расчета нейтронно - физических параметров (Контрольная работа)
2. Производство тепловой и электрической энергии ЯЭУ, управление реактором. Перспективы ЯЭ в XXI веке (Контрольная работа)
3. Сравнительный анализ АЭС с реакторами различных типов Ионизирующее излучение реактора (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №7)*

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

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

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

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

1. Проскуряков К.Н.- "Ядерные энергетические установки", Издательство: "МЭИ", Москва, 2015 - (446 с.)

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383007822.html>;

2. Проскуряков, К. Н. Использование виброакустических шумов для диагностики технологических процессов в АЭС : Учебное пособие по курсу "Диагностика технологических процессов в ЯЭУ" / К. Н. Проскуряков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 68 с. - ISBN 5-7046-0424-2 : 4.40 .;

3. Аркадов, Г. В. Виброшумовая диагностика ВВЭР / Г. В. Аркадов, В. И. Павелко, А. И. Усанов ; Ред. А. А. Абагян . – М. : Энергоатомиздат, 2004 . – 344 с. - ISBN 5-283-00787-1 ..

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

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

### 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. База данных ВИНИТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
6. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
7. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
8. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
9. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
10. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
11. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
12. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
13. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	Т-512, Компьютерный класс	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Т-304/2, Кабинет сотрудников	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-213, Подсобное помещение	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Ядерные энергетические установки

(название дисциплины)

## 7 семестр

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

- КМ-1 Производство тепловой и электрической энергии ЯЭУ, управление реактором. Перспективы ЯЭ в XXI веке (Контрольная работа)
- КМ-2 Методы расчета нейтронно - физических параметров (Контрольная работа)
- КМ-3 Сравнительный анализ АЭС с реакторами различных типов Ионизирующее излучение реактора (Контрольная работа)
- КМ-4 Актуальные проблемы ядерной энергетики. Методы и системы диагностики (Контрольная работа)

**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	14
1	Состояние и перспективы развития ядерной энергетики в мире. Основы ядерной и нейтронной физики					
1.1	Состояние и перспективы развития ЯЭ		+	+		
1.2	Ядерные реакции. Нейтронно-физические процессы в ядерном реакторе (ЯР)		+	+		
1.3	Управление реактором. Особенности реактора как источника энергии		+	+		
2	Топливный цикл ЯЭ. Классификация ЯЭУ. Функционирование АЭС					
2.1	Топливный цикл ЯЭ. Классификация ЯЭУ			+	+	+
2.2	Функционирование АЭС, аварийные защиты, системы безопасности			+	+	+
2.3	Нормы радиационной безопасности; примеры решения практических задач. Вывод из эксплуатации			+	+	+
3	Сравнительный анализ АЭС с реакторами ВВЭР, РБМК, БН и БРЕСТ. Судовая, космическая и малая ядерная энергетика					
3.1	Сравнительный анализ АЭС с реакторами ВВЭР, РБМК, БН и БРЕСТ				+	
3.2	Проекты АЭС с ВВЭР				+	
3.3	Судовая, космическая и малая ЯЭ				+	
3.4	Понятия, определения и единицы измерения, используемые в дозиметрии ионизирующих излучений				+	

3.5	Естественный радиоактивный фон			+	
4	Актуальные проблемы ядерной энергетики				
4.1	Актуальные проблемы ЯЭ: продление срока службы, обеспечение замкнутого топливного цикла				+
4.2	Повышение безопасности, сейсмостойкости				+
4.3	Управления технологическими процессами и тяжелыми авариями				+
Вес КМ, %:		25	25	25	25