

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

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.08
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	1 семестр - 16 часов;
Практические занятия	1 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	1 семестр - 75,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Тестирование Домашнее задание	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	1 семестр - 0,3 часа;

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

С.М. Никонов

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

О.И. Мелихов

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Аникеев А.В.
	Идентификатор	R64fa5fd7-AnikeevAV-ee466b65

(подпись)

А.В. Аникеев

(расшифровка подписи)

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 _{ПК-1} 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 _{ПК-1} 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 _{ПК-1} 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 _{ПК-3} 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><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Принцип работы и основные характеристики реактора"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Принцип работы и основные характеристики реактора" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Принцип работы и основные характеристики реактора"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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	-	
2.1	Конструкции и физические особенности реакторов различных типов	22		6	-	4	-	-	-	-	-	12	-	

	ТИПОВ													занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Конструкции и физические особенности реакторов различных типов" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Энерговыведение в реакторе и организация теплоотвода в проектных и аварийных режимах" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u>	
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 <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Энерговыведение в реакторе и организация теплоотвода в проектных и аварийных режимах" <u>Подготовка расчетных заданий:</u> 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. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 128-154 [2], гл. 6, 10-13
4	Управление цепной реакцией деления и режимы работы ядерного реактора	16	4	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> 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	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Управление цепной реакцией деления и режимы работы ядерного реактора" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Управление цепной реакцией деления и режимы работы ядерного реактора" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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. Поглотители. 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. Определение основных характеристик реактора;
2. Теплогидравлический расчет реактора;

3. Выгорание ядерного топлива;
4. Воспроизводство ядерного топлива;
5. Отравление ксеноном;
6. Отравление самарием.

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	
Знать:						
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
Уметь:						
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;
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-303, 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