

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
ФИЗИКА ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 6; 2 семестр - 6; 3 семестр - 2; всего - 14
Часов (всего) по учебному плану:	504 часа
Лекции	1 семестр - 32 часа; 2 семестр - 48 часа; всего - 80 часов
Практические занятия	1 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	2 семестр - 48 часа;
Консультации	1 семестр - 2 часа; 2 семестр - 2 часа; 3 семестр - 16 часов; всего - 20 часов
Самостоятельная работа	1 семестр - 149,5 часа; 2 семестр - 117,5 часов; 3 семестр - 51,5 часа; всего - 318,5 часов
в том числе на КП/КР	3 семестр - 51,5 часа;
Иная контактная работа	3 семестр - 4 часа;
включая: Перекрестный опрос Домашнее задание Контрольная работа Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	1 семестр - 0,5 часа;
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;
Защита курсового проекта	3 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,5 часа

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лунчев Ю.В.
	Идентификатор	R7921b264-LunchevYV-64338920

Ю.В. Лунчев


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 изучить теорию нейтронно-физических процессов и эффектов, способы воздействия на них в ядерных реакторах, а также особенности расчетов и экспериментов по физике реакторов.

Задачи дисциплины

- изучение теории критических размеров;
- изучение теории реакторной решетки;
- изучение теории нестационарных нейтронно-физических процессов, протекающих в ядерных реакторах;
- изучение особенностей расчетов и экспериментов по физике реакторов;
- обучение использованию теоретических знаний для решения задач с простыми по форме и структуре ядерными реакторами.

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	знать: - теорию нестационарных нейтронно-физических процессов и способы воздействия на них в ядерных реакторах; - теорию реакторной решетки; - теорию критических размеров. уметь: - анализировать и моделировать физические процессы, в реакторах.
ПК-2 Владеет расчетно-теоретическими и экспериментальными методами исследования теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в энергетическом оборудовании	ИД-2 _{ПК-2} Владеет навыками расчетов и экспериментов по физике реакторов	знать: - методы исследования физических процессов в ядерных реакторах. уметь: - проводить расчеты и эксперименты по физике реакторов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

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

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать теорию диффузии моноэнергетических нейтронов
- знать теорию замедления нейтронов в бесконечных средах
- знать особенности пространственно-энергетического распределения нейтронов в средах
- знать стандартные методики расчетов характеристик диффузии нейтронов в реакторных средах

- уметь анализировать зависимости нейтронно-физических характеристик процесса перемещения нейтронов от состава и физического состояния среды
- уметь выполнять расчеты характеристик диффузии нейтронов в реакторных средах

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 14 зачетных единиц, 504 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	Теория критических размеров	90	1	12	-	12	-	-	-	-	-	66	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Теория критических размеров"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Теория критических размеров" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Теория критических размеров"</p>	
1.1	Теория критических размеров	90		12	-	12	-	-	-	-	-	66	-		
2	Теория решетки	90		20	-	20	-	-	-	-	-	-	50	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Теория решетки"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Теория решетки" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Теория решетки"</p>
2.1	Теория решетки	90		20	-	20	-	-	-	-	-	-	50	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	216.0	32	-	32	-	2	-	-	-	0.5	116	33.5		
	Итого за семестр	216.0	32	-	32	2	-	-	-	0.5	149.5				
3	Нестационарные	126	2	32	40	-	-	-	-	-	-	54	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для	

	процессы в ядерных реакторах														выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Нестационарные процессы в ядерных реакторах" материалу.
3.1	Нестационарные процессы в ядерных реакторах	126	32	40	-	-	-	-	-	-	-	54	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Нестационарные процессы в ядерных реакторах"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Нестационарные процессы в ядерных реакторах"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [6], стр. 3-28</p>	
4	Нейтронно-физические особенности энергетических реакторов	16	6	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Нейтронно-физические особенности энергетических реакторов"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Нейтронно-физические особенности энергетических реакторов"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], гл. 2-3 [5], стр. 2-47 [7], гл. 2-3</p>	
4.1	Нейтронно-физические особенности энергетических реакторов	16	6	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в</p>	
5	Особенности расчетов и экспериментов по физике реакторов	38	10	8	-	-	-	-	-	-	-	20	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в</p>	
5.1	Особенности расчетов и экспериментов по физике реакторов	38	10	8	-	-	-	-	-	-	-	20	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в</p>	

													разделе "Особенности расчетов и экспериментов по физике реакторов" материалу. <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Особенности расчетов и экспериментов по физике реакторов" <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Особенности расчетов и экспериментов по физике реакторов" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], гл. 1-2,5-6 [4], стр. 3-29
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5
	Всего за семестр	216.0		48	48	-	-	2	-	-	0.5	84	33.5
	Итого за семестр	216.0		48	48	-	2		-		0.5	117.5	
	Курсовой проект (КП)	72.0	3	-	-	-	16	-	4	-	0.5	51.5	-
	Всего за семестр	72.0		-	-	-	16	-	4	-	0.5	51.5	-
	Итого за семестр	72.0		-	-	-	16		4		0.5	51.5	
	ИТОГО	504.0	-	80	48	32	20		4		1.5	318.5	

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. Теория критических размеров

1.1. Теория критических размеров

Физическая классификация ядерных реакторов. Коэффициент размножения. Возможные представления цикла размножения нейтронов. Эффективный коэффициент размножения. Уравнение реактора в диффузионно-возрастном приближении. Материальный параметр. Условие критичности реактора в диффузионно-возрастном приближении. Одногрупповое приближение. Геометрический параметр и распределение потока нейтронов по объему реактора. Квазикритическое приближение. Гомогенный однозонный реактор с отражателем в одногрупповом приближении. Эффективная добавка. Гомогенный однозонный реактор с отражателем в двухгрупповом приближении. Пространственное распределение потоков быстрых и тепловых нейтронов. Многозонный реактор. Условие критичности двухзонного реактора с отражателем в одногрупповом приближении..

2. Теория решетки

2.1. Теория решетки

Физические особенности гетерогенного реактора. Классификация реакторных решеток. Основные предположения в теории решетки. Метод вероятностей первых столкновений (ВПС). Расчет ВПС в различных решетках.. Коэффициент размножения на быстрых нейтронах. Расчет коэффициента размножения на быстрых нейтронах для различных решеток. Зависимость этого коэффициента от параметров решетки. Вероятность избежать резонансного поглощения. Расчет эффективного резонансного интеграла поглощения в решетках. Учет энергетической и пространственной экранировок, взаимного затенения топливных блоков, замедления внутри блока, температурных эффектов. Зависимость вероятности избежать резонансного поглощения от параметров решетки. Коэффициент использования тепловых нейтронов. Относительное вредное поглощение. Расчет коэффициента использования тепловых нейтронов. Особенности расчета в различных ячейках.. Спектры нейтронов и усреднение сечений в области тепловых энергий. Зависимость коэффициента использования тепловых нейтронов от параметров решетки и ячейки. Число нейтронов деления на один поглощенный топливом тепловой нейтрон. Расчет длин диффузии и замедления в различных решетках. Зависимость возраста и квадрата длины диффузии нейтронов от параметров решетки. Зависимость материального параметра от отношения объемов замедлителя и топлива. Выбор оптимального варианта решетки..

3. Нестационарные процессы в ядерных реакторах

3.1. Нестационарные процессы в ядерных реакторах

Кинетика ядерных реакторов. Решение уравнений кинетики с m группами запаздывающих нейтронов. Переходный и установившийся режимы. Решение уравнений кинетики с одной эффективной группой запаздывающих нейтронов. Переходные процессы при положительных и отрицательных значениях реактивности. Эффективная доля запаздывающих нейтронов. Основные особенности выгорания ядерного топлива. Изменение изотопного состава урана и плутония. Шлакование реактора. Стационарное (равновесное) отравление реактора ксеноном. Нестационарное отравление реактора ксеноном. Иодная (ксеноновая) яма. Ксеноновые колебания и волны. Взаимозависимость количества ксенона в реакторе и параметров состояния реактора. Отравление реактора самарием. Воспроизводство делящегося материала. Различные определения и формулы для коэффициента воспроизводства. Сравнение коэффициентов воспроизводства для реакторов на тепловых и быстрых нейтронах. Смешанное уран-плутониевое топливо. Расширенное воспроизводство

делящихся материалов. Время удвоения.. Глубина выгорания топлива. Кампания реактора и топлива.. Задачи СУЗ и способы их решения. Составляющие запаса реактивности. Рабочие органы (органы регулирования) СУЗ. Эффективный радиус поглощающего стержня. Эффективность поглощающего стержня, погруженного на всю глубину вдоль оси симметрии реактора. Зависимость эффективности поглощающего стержня от места его расположения. Дифференциальная и интегральная эффективность органов регулирования СУЗ (ОР СУЗ). Эффективность решетки ОР СУЗ. Интерференция поглощающих стержней. Жидкостное борное регулирование. Выгорающие поглотители. Гомогенное и гетерогенное размещение выгорающего поглотителя.. Контроль потока нейтронов. Особенности пуска и контроль параметров при пуске реактора. Динамика ядерного энергетического реактора и энергоблока АЭС. Изменение мощности реактора. Роль мощностного и температурных эффектов реактивности. Саморегулирование реактора при возмущении по нагрузке турбогенератора энергоблока. Продление кампании реактора в режиме саморегулирования. Останов реактора..

4. Нейтронно-физические особенности энергетических реакторов

4.1. Нейтронно-физические особенности энергетических реакторов

Водо-водяные энергетические реакторы. Особенности активной зоны. Эффекты реактивности. Глубина выгорания топлива. Водо-водяные кипящие реакторы. Канальные графитовые реакторы. Тяжеловодные канальные реакторы. Реакторы на быстрых нейтронах. Спектр нейтронов. Воспроизводство делящихся материалов. Запас реактивности..

5. Особенности расчетов и экспериментов по физике реакторов

5.1. Особенности расчетов и экспериментов по физике реакторов

Физическое проектирование нового реактора. Особенности нейтронно-физических реакторных расчетов. Расчет элементов периодичности реакторных решеток. Экспериментальные установки. Критическая сборка. Подкритическая сборка.. Классификация экспериментов. Особенности экспериментов на различных установках.. Примеры экспериментов на различных сборках и ядерном реакторе типа ВВЭР..

3.3. Темы практических занятий

1. Критические размеры однородных реакторов;
2. Алгоритм расчета коэффициента размножения на быстрых нейтронах;
3. Зависимость коэффициента размножения на быстрых нейтронах от параметров решетки;
4. Алгоритм расчета вероятности избежать поглощения при замедлении;
5. Зависимость вероятности избежать поглощения при замедлении от параметров решетки;
6. Алгоритм расчета коэффициента использования тепловых нейтронов;
7. Зависимость коэффициента использования тепловых нейтронов от параметров решетки;
8. Критические размеры неоднородных реакторов.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Отравление ядерного реактора самарием;
2. Отравление ядерного реактора ксеноном;
3. Нейтронно-физические параметры ячейки ВВЭР;
4. Кинетика ядерного реактора при возмущениях по реактивности;

5. Эффективность системы поглощающих стержней;
6. Материальный параметр уран-водной решетки;
7. Определение эффективного коэффициента размножения подкритической уран-водной сборки;
8. Изменение нейтронно-физических параметров микроячейки ВВЭР при выгорании топлива;
9. Динамика ядерного реактора с обратной температурной связью;
10. Выравнивание распределения мощности по ТВС в ВВЭР-440;
11. Изменение нейтронно-физических параметров ВВЭР-440 при выгорании топлива;
12. Изменение изотопного состава урана и плутония при выгорании ядерного топлива;
13. Зависимость материального параметра от шага уран-водной решетки;
14. Пространственное распределение потока нейтронов и скорости поглощения в макроячейке РБМК.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теория критических размеров"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теория решетки"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Нестационарные процессы в ядерных реакторах"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Нейтронно-физические особенности энергетических реакторов"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Особенности расчетов и экспериментов по физике реакторов"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Теория критических размеров"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Теория решетки"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Нестационарные процессы в ядерных реакторах"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Нейтронно-физические особенности энергетических реакторов"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Особенности расчетов и экспериментов по физике реакторов"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

3 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- 1. Нейтронно-физический и теплогидравлический расчет реактора ВВЭР с тепловой мощностью активной зоны 1200 МВт и характеристиками решетки реактора ВВЭР-440.
2. Нейтронно-физический и теплогидравлический расчет реактора ВВЭР с тепловой мощностью активной зоны 3000 МВт и характеристиками решетки реактора ВВЭР-1200.
3. Нейтронно-физический и теплогидравлический расчет реактора ВВЭР с тепловой мощностью активной зоны 3500 МВт и характеристиками решетки реактора ВВЭР-1200.

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	1, 2, 3	4	5	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	10	30	30	30	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	10	40	70	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Подбор исходных данных для расчета заданного реактора
2	Ознакомление с компьютерными программами, используемыми для расчетов
3	Теплогидравлический расчет заданного реактора
4	Нейтронно-физический расчет заданного реактора или его элемента периодичности
5	Расчеты по спецвопросу

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	
Знать:							
теорию критических размеров	ИД-2ПК-1	+					Домашнее задание/Нейтронно-физические расчеты критических ядерных реакторов Перекрестный опрос/Теория критических размеров
теорию реакторной решетки	ИД-2ПК-1		+				Домашнее задание/Нейтронно-физические характеристики решетки ядерного реактора Контрольная работа/Теория решетки
теорию нестационарных нейтронно-физических процессов и способы воздействия на них в ядерных реакторах	ИД-2ПК-1			+			Лабораторная работа/Кинетики реактора
методы исследования физических процессов в ядерных реакторах	ИД-2ПК-2				+		Лабораторная работа/Материальный параметр, эффективность поглощающих стержней. Лабораторная работа/Эффективный коэффициент размножения
Уметь:							
анализировать и моделировать физические процессы, в реакторах	ИД-2ПК-1				+		Лабораторная работа/Кинетики реактора Лабораторная работа/Материальный параметр, эффективность поглощающих стержней.
проводить расчеты и эксперименты по физике реакторов	ИД-2ПК-2					+	Лабораторная работа/Выгорание топлива

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: Письменная работа

1. Нейтронно-физические расчеты критических ядерных реакторов (Домашнее задание)
2. Нейтронно-физические характеристики решетки ядерного реактора (Домашнее задание)
3. Теория решетки (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Теория критических размеров (Перекрестный опрос)

2 семестр

Форма реализации: Устная форма

1. Выгорание топлива (Лабораторная работа)
2. Кинетики реактора (Лабораторная работа)
3. Материальный параметр, эффективность поглощающих стержней. (Лабораторная работа)
4. Эффективный коэффициент размножения (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №1)

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

Экзамен (Семестр №2)

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

Курсовой проект (КП) (Семестр №3)

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

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Байбаков, В. Д. Физика ядерных реакторов : учебное пособие для вузов по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / В. Д. Байбаков, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-

во МЭИ, 2016 . – 420 с. - ISBN 978-5-7046-1793-8 .

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=8725>;

2. ВВЭР-1000: физические основы эксплуатации, ядерное топливо, безопасность / А. М. Афроу, и др. – М. : Логос, 2006 . – 488 с. - ISBN 5-9870413-7-6 .;

3. Байбаков, В. Д. Коды для расчета ядерных реакторов : Учебное пособие по специальности "Атомные электростанции и установки" / В. Д. Байбаков, Ю. Б. Воробьев, В. Д. Кузнецов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 163 с. - ISBN 5-7046-0939-2 .;

4. Алхутов, М. С. Экспериментальные исследования на подкритической сборке.

Лабораторный практикум : методическое пособие по курсу "Физика ядерных реакторов" по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / М. С. Алхутов, В. Д. Байбаков, М. А. Скачек, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2015 . – 31 с.;

5. Байбаков, В. Д. Нейтронно-физические характеристики ячеек и ядерных реакторов : лабораторный практикум по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / В. Д. Байбаков, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 48 с.

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=8873>;

6. Байбаков, В. Д. Нестационарные процессы в ядерных реакторах : лабораторный практикум по курсу "Физика ядерных реакторов" по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / В. Д. Байбаков, Б. А. Ионов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 30 с. - ISBN 978-5-7046-1984-0 .

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10234>;

7. Бойко В. И.- "Физический расчет ядерного реактора на тепловых нейтронах : учебное пособие для вузов", Издательство: "ТПУ", Томск, 2009 - (504 с.)

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=10291.

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. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
11. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
12. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
13. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>

14. **Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии** - <http://protect.gost.ru/>

15. **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-321, Учебная аудитория	стеллаж, стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
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 лабораторных занятий	Т-111, Учебная лаборатория «Урано-водный подкритический стенд»	стол, стул, шкаф, доска меловая, лабораторный стенд, многофункциональный центр
	Т-303, Учебная лаборатория динамических процессов АЭС	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, указка лазерная, доска маркерная, компьютер персональный
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

Физика ядерных реакторов

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Теория критических размеров (Перекрестный опрос)
- КМ-2 Нейтронно-физические расчеты критических ядерных реакторов (Домашнее задание)
- КМ-3 Теория решетки (Контрольная работа)
- КМ-4 Нейтронно-физические характеристики решетки ядерного 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	15
1	Теория критических размеров					
1.1	Теория критических размеров		+	+		
2	Теория решетки					
2.1	Теория решетки				+	+
Вес КМ, %:			25	25	25	25

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-5 Материальный параметр, эффективность поглощающих стержней. (Лабораторная работа)
- КМ-6 Эффективный коэффициент размножения (Лабораторная работа)
- КМ-7 Выгорание топлива (Лабораторная работа)
- КМ-8 Кинетики реактора (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Нестационарные процессы в ядерных реакторах					
1.1	Нестационарные процессы в ядерных реакторах					+
2	Нейтронно-физические особенности энергетических реакторов					

2.1	Нейтронно-физические особенности энергетических реакторов	+	+		+
3	Особенности расчетов и экспериментов по физике реакторов				
3.1	Особенности расчетов и экспериментов по физике реакторов			+	
Вес КМ, %:		25	25	25	25

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

Вид промежуточной аттестации – .

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:
		Неделя КМ:
Вес КМ, %:		

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Физика ядерных реакторов

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

- КМ-1 Соблюдение графика выполнения КР
- КМ-2 Оценка выполнения разделов КР
- КМ-3 Оценка выполнения разделов КР
- КМ-4 Оценка выполнения разделов КР

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Подбор исходных данных для расчета заданного реактора		+	+		
2	Ознакомление с компьютерными программами, используемыми для расчетов			+		
3	Теплогидравлический расчет заданного реактора			+		
4	Нейтронно-физический расчет заданного реактора или его элемента периодичности				+	
5	Расчеты по спецвопросу					+
Вес КМ, %:			10	30	30	30