

**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**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Физика ядерных реакторов**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	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

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен анализировать и моделировать физические и технологические процессы, используемые в атомной энергетике

ИД-2 Знает теорию нестационарных нейтронно-физических процессов и способы воздействия на них в ядерных реакторах

2. ПК-2 Владеет расчетно-теоретическими и экспериментальными методами исследования теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в энергетическом оборудовании

ИД-2 Владеет навыками расчетов и экспериментов по физике реакторов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

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. Выгорание топлива (Лабораторная работа)
2. Кинетики реактора (Лабораторная работа)
3. Материальный параметр, эффективность поглощающих стержней. (Лабораторная работа)
4. Теория критических размеров (Перекрестный опрос)
5. Эффективный коэффициент размножения (Лабораторная работа)

## БРС 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.**

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс	КМ-1	КМ-2	КМ-3

	КМ:				
	Срок КМ:	4	8	12	15
Теория критических размеров					
Теория критических размеров	+	+			
Теория решетки					
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.**

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	4	8	12	15
Нестационарные процессы в ядерных реакторах					
Нестационарные процессы в ядерных реакторах					+
Нейтронно-физические особенности энергетических реакторов					
Нейтронно-физические особенности энергетических реакторов		+	+		+
Особенности расчетов и экспериментов по физике реакторов					
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 – .**

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %
	Индекс КМ:

	Срок КМ:
	Вес КМ:

**БРС курсовой работы/проекта**

**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.**

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Подбор исходных данных для расчета заданного реактора		+	+		
Ознакомление с компьютерными программами, используемыми для расчетов			+		
Теплогидравлический расчет заданного реактора			+		
Нейтронно-физический расчет заданного реактора или его элемента периодичности				+	
Расчеты по спецвопросу					+
<b>Вес КМ:</b>		10	30	30	30

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> 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	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) КМ-5 Кинетики реактора (Лабораторная работа) КМ-6 Материальный параметр, эффективность поглощающих стержней. (Лабораторная работа)
ПК-2	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Владеет навыками расчетов и экспериментов по физике реакторов	Знать: методы исследования физических процессов в ядерных реакторах Уметь: проводить расчеты и эксперименты по физике реакторов	КМ-6 Материальный параметр, эффективность поглощающих стержней. (Лабораторная работа) КМ-7 Эффективный коэффициент размножения (Лабораторная работа) КМ-8 Выгорание топлива (Лабораторная работа)

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### 1 семестр

#### КМ-1. Теория критических размеров

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Перекрестный опрос

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Устный опрос по пройденному материалу.

#### Краткое содержание задания:

1. Ответить на вопросы преподавателя.

#### Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: теорию критических размеров	1. Физическая классификация ядерных реакторов. 2. Коэффициент размножения. 3. Возможные представления цикла размножения нейтронов. 4. Эффективный коэффициент размножения. 5. Материальный параметр. 6. Условие критичности реактора. 7. Геометрический параметр.

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если получены правильные ответы*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если на большинство вопросов получен правильный ответ*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если преимущественно получены правильные ответы*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если получены неверные или преимущественно не верные ответы*

#### КМ-2. Нейтронно-физические расчеты критических ядерных реакторов

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Расчетное задание выполняется на компьютере.

**Краткое содержание задания:**

1. Получить условие критичности ядерного реактора.
2. Решить условие критичности ядерного реактора.
3. Определить требуемые характеристики ядерного реактора.

*Исходные данные для задания:* размеры зон реактора и их нейтронно-физические характеристики.

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: теорию критических размеров	1. Сформировать математическую модель и алгоритм расчета двухзонного реактора с бесконечным радиальным отражателем. 2. Решить уравнения реактора в каждой зоне, использовать условия, следующие из физических соображений, и граничные условия для определения констант в общих решениях уравнений реактора. 3. Решить трансцендентное уравнение (условие критичности) с неизвестной величиной или с двумя неизвестными величинами в зависимости от предположений, принятых в условии задачи.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

### **КМ-3. Теория решетки**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** По билетам. Время на ответ - 45 минут.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы билета.

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: теорию реакторной решетки	1. Физические особенности гетерогенного реактора. 2. Классификация реакторных решеток 3. Основные предположения в теории решетки 4. Метод вероятностей первых столкновений (ВПС). Расчет ВПС в различных решетках 5. Коэффициент размножения на быстрых нейтронах. Расчет коэффициента размножения на быстрых нейтронах для различных решеток. Зависимость этого коэффициента от параметров решетки 6. Вероятность избежать резонансного поглощения. Расчет эффективного резонансного интеграла поглощения в решетках 7. Учет энергетической и пространственной экранировок, взаимного затенения топливных блоков, замедления внутри блока, температурных эффектов 8. Зависимость вероятности избежать резонансного поглощения от параметров решетки 9. Коэффициент использования тепловых нейтронов. Относительное вредное поглощение. Расчет коэффициента использования тепловых нейтронов. Особенности расчета в различных ячейках.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

**КМ-4. Нейтронно-физические характеристики решетки ядерного реактора**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В форме домашнего задания.

**Краткое содержание задания:**

Выполнить индивидуальное домашнее задание.

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: теорию реакторной решетки	1. Рассчитать коэффициент размножения на быстрых нейтронах при заданных значениях параметров ячейки. 2. Построить и объяснить график зависимости $\mu$ от плотности замедлителя. 3. Рассчитать вероятность избежать резонансного поглощения при заданных значениях параметров ячейки. 4. Построить и объяснить график зависимости $\square$ от плотности замедлителя. 5. Построить и объяснить график зависимости $\square$ от плотности топлива. 6. Построить и объяснить график зависимости $\square$ от отношения объемов замедлителя и топлива. 7. Построить и объяснить график зависимости $\square$ от диаметра топливного блока. 8. Построить и объяснить график зависимости $\square$ от температуры топлива. 9. Рассчитать коэффициент использования тепловых нейтронов при заданных значениях параметров ячейки. 10. Построить и объяснить график зависимости $\square$ от плотности замедлителя. 11. Построить и объяснить график зависимости $\square$ от плотности топлива. 12. Построить и объяснить график зависимости $\square$ от отношения объемов замедлителя и топлива. 13. Построить и объяснить график зависимости $\square$ от диаметра топливного блока.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

## 2 семестр

### КМ-5. Материальный параметр, эффективность поглощающих стержней.

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы. Ответы на вопросы к отчету.

#### Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы преподавателя к отчету по лабораторной работе.

#### Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы исследования физических процессов в ядерных реакторах	1. Что такое эффективность поглотителей? Чем определяется значение этой величины? 2. Объяснить зависимость материального параметра от шага решетки. 3. В какой энергетической группе из четырех поглощаются в основном замедляющиеся нейтроны и почему? 4. Какое примерно соотношение между скоростями поглощения замедляющихся и тепловых нейтронов и почему?
Уметь: анализировать и моделировать физические процессы, в реакторах	1. Сравнить пространственные распределения нейтронов в сборке с поглотителями и без них. Объяснить различия.

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

### КМ-6. Эффективный коэффициент размножения

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 25**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы. Ответы на вопросы к отчету.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы преподавателя к отчету по лабораторной работе.

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы исследования физических процессов в ядерных реакторах	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Чем различаются пространственные распределения нейтронов в подкритической и критической сборках?</li><li>2. Какой вид имеет пространственное распределение нейтронов в подкритической сборке без внешнего источника?</li><li>3. Почему для подкритической сборки значения, полученные по показаниям двух счетчиков, расположенных в различных областях активной зоны, разнятся?</li><li>4. Что такое коэффициент умножения?</li></ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

### **КМ-7. Выгорание топлива**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 25**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы. Ответы на вопросы к отчету.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы преподавателя к отчету по лабораторной работе.

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: проводить расчеты и эксперименты по физике реакторов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Написать и объяснить уравнения для скоростей изменения во времени ядерных плотностей изотопов урана и плутония.</li> <li>2. Назвать и объяснить последовательность действий, необходимых для выравнивания распределения мощности по ТВС.</li> <li>3. Объяснить изменения во времени равновесных значений ядерных плотностей ксенона и самария.</li> <li>4. Объяснить различие в значениях потока нейтронов для периферийных и внутренних топливных блоков.</li> <li>5. Объяснить различие в распределениях по зонам макроячейки потока нейтронов и скорости поглощения в третьей энергетической группе.</li> <li>6. Почему коэффициент неравномерности энерговыделения по ТВС уменьшается во времени?</li> </ol>

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

#### КМ-8. Кинетики реактора

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы. Ответы на вопросы к отчету.

#### Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы преподавателя к отчету по лабораторной работе.

#### Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: теорию нестационарных нейтронно-физических процессов и способы	1. Влияние запаздывающих нейтронов на переходные процессы при положительной

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
воздействия на них в ядерных реакторах	и отрицательной реактивности. 2. От чего и как зависит коэффициента воспроизводства?
Уметь: анализировать и моделировать физические процессы, в реакторах	1. Объяснить зависимость коэффициента реактивности по температуре замедлителя от концентрации бора. 2. Записать и объяснить уравнения кинетики реактора. 3. Записать и объяснить уравнения динамики ядерного реактора в точечном приближении.

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

### Для курсового проекта/работы

#### 3 семестр

#### I. Описание КП/КР

Тема: Проектирование ядерного реактора заданного типа. Курсовой проект выполняется в форме домашнего задания. I. Требуется: Задаться параметрами замедлителя и теплоносителя, выполнить тепловой, гидравлический и нейтронно-физический расчеты реактора, учитывая особые условия, указанные в задании. II. Исходные данные: Тип и мощность реактора, характеристики топлива, замедлителя, теплоносителя и конструкционных материалов, характеристики решетки активной зоны, III. Технология выполнения задания: 1) выбрать параметры замедлителя и теплоносителя; 2) выполнить тепловой расчет реактора; 3) выполнить гидравлический расчет реактора; 4) выполнить нейтронно-физический расчет реактора; 5) выполнить графическую часть проекта. IV. Срок выполнения курсового проекта последняя неделя семестра. V. Дополнительные сведения а) При выполнении работы следует использовать учебное пособие [1] в) Курсовой проект выполняется на компьютере в машинописной/рукописной форме.

## **II. Примеры задания и темы работы**

### **Пример задания**

Тип реактора: ВВЭР

Тепловая мощность: 1200 МВт

Характеристика топлива: диоксид урана

Вид и параметры замедлителя: вода, параметры выбрать

Вид и параметры теплоносителя: вода, параметры выбрать

Конструкционные материалы: сплав на основе циркония

Характеристика решетки активной зоны реактора: ВВЭР-440

Особые условия: Определить количество ТВС в расчетном реакторе

### **Тематика КП/КР:**

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.

### **КМ-1. Соблюдение графика выполнения КР**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не получено*

### **КМ-2. Оценка выполнения разделов КР**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если раздел выполнен с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если раздел выполнен с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если раздел выполнен с опозданием более чем на 3 недели*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если раздел не выполнен*

### **КМ-3. Оценка выполнения разделов КР**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если раздел выполнен с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если раздел выполнен с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если раздел выполнен с опозданием более чем на 3 недели*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если раздел не выполнено*

### **КМ-4. Оценка выполнения разделов КР**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если раздел выполнен с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если раздел выполнен с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если раздел выполнен с опозданием более чем на 3 недели*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если раздел не выполнен*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 1 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Физическая классификация реакторов. Классификация решеток.
2. Особенности расчета коэффициента размножения на быстрых нейтронах в разреженных решетках.

### Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа.

Время на подготовку ответа – 60 минут.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-1 Знает теорию нестационарных нейтронно-физических процессов и способы воздействия на них в ядерных реакторах

### Вопросы, задания

1. Физическая классификация реакторов. Классификация решеток.
2. Геометрический параметр и пространственное распределение потока нейтронов для различных реакторов.
3. Эффективная добавка.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. В однородном цилиндрическом реакторе без отражателя распределение потока нейтронов по высоте активной зоны описывается:

Ответы:

- А) функцией Бесселя нулевого порядка;
- В) экспоненциальной функцией;
- С) функцией косинус

Верный ответ: С) функцией косинус

2. В тесных реакторных решетках:

Ответы:

- А) средняя хорда в замедлителе много больше средней длины свободного пробега до рассеяния;
- В) средняя хорда в замедлителе меньше или равна средней длине свободного пробега до рассеяния;
- С) средняя хорда в замедлителе меньше или равна средней длине свободного пробега до поглощения.

Верный ответ: В) средняя хорда в замедлителе меньше или равна средней длине свободного пробега до рассеяния

3. Относительно большое значение коэффициента размножения на быстрых нейтронах в тесных решетках объясняется:

Ответы:

- А) малым объемом замедлителя в ячейке;
- В) значительным «перекрестным» эффектом;

С) большим диаметром топливных блоков.

Верный ответ: В) значительным «перекрестным» эффектом

4. При увеличении температуры топливного блока вероятность избежать резонансного поглощения:

Ответы:

А) увеличивается;

В) не изменяется;

С) уменьшается.

Верный ответ: С) уменьшается

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-2 Владеет навыками расчетов и экспериментов по физике реакторов

### Вопросы, задания

1. Коэффициент размножения нейтронов в бесконечной среде. Формула четырех сомножителей.

2. Разные формы интегрального представления коэффициента размножения.

3. Уравнение реактора в диффузионно-возрастном приближении.

4. Условие критичности однородного реактора без отражателя в диффузионно-возрастном приближении.

5. Одногрупповое приближение.

6. Квазикритическое приближение.

7. Условие критичности плоского однородного реактора с отражателем в одногрупповом приближении.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Эффективный коэффициент размножения  $K_{эф}$  это:

Ответы:

А) отношение общего числа образующихся нейтронов к общему числу нейтронов, в том числе теряемых за счет поглощения и утечки за один и тот же интервал времени;

В) параметр, характеризующий соотношение между количеством нейтронов двух последовательных поколений;

С) число нейтронов деления, образующихся в среднем при поглощении в топливе одного теплового нейтрона.

Верный ответ: А) отношение общего числа образующихся нейтронов к общему числу нейтронов, в том числе теряемых за счет поглощения и утечки за один и тот же интервал времени

2. Условие критичности реактора:

Ответы:

А)  $k_{эф} = 1$

В)  $k_{\infty} = 1$

С)  $k_{\infty}^N = 1$

Верный ответ: А)  $k_{эф} = 1$

3. В надкритическом реакторе значение материального параметра:

Ответы:

А) больше значения геометрического параметра;

В) равно значению геометрического параметра;

С) меньше значения геометрического параметра

Верный ответ: А) больше значения геометрического параметра

4. С физической точки зрения оптимальный размер отражателя в реакторе на тепловых нейтронах определяется:

Ответы:

- А) длиной миграции для материала отражателя;
- В) длиной миграции для материала активной зоны;
- С) величиной потока тепловых нейтронов на границе активная зона – отражатель.

Верный ответ: А) длиной миграции для материала отражателя

5. В гетерогенном реакторе на тепловых нейтронах вероятность избежать резонансного поглощения:

Ответы:

- А) больше, чем в гомогенном реакторе на тепловых нейтронах;
- В) меньше, чем в гомогенном реакторе на тепловых нейтронах;
- С) равна вероятности избежать резонансного поглощения в гомогенном реакторе.

Верный ответ: А) больше, чем в гомогенном реакторе на тепловых нейтронах

6. В гетерогенном реакторе на тепловых нейтронах коэффициент использования тепловых нейтронов:

Ответы:

- А) больше, чем в гомогенном реакторе на тепловых нейтронах;
- В) меньше, чем в гомогенном реакторе на тепловых нейтронах;
- С) равен коэффициенту использования тепловых нейтронов в гомогенном реакторе.

Верный ответ: В) меньше, чем в гомогенном реакторе на тепловых нейтронах

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно*

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

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

### **2 семестр**

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### **Пример билета**

1. Кинетика реактора без запаздывающих нейтронов.
2. Ядерный и плотностной температурные коэффициенты реактивности.

## Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа.

Время на подготовку ответа – 60 минут.

### ***1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины***

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-1 Знает теорию нестационарных нейтронно-физических процессов и способы воздействия на них в ядерных реакторах

#### **Вопросы, задания**

1. Кинетика реакторов без запаздывающих нейтронов.
2. Особенности кинетики реактора при положительных и отрицательных значениях реактивности.
3. Кинетика реактора с одной эффективной группой запаздывающих нейтронов.
4. Переходные процессы при положительных и отрицательных значениях реактивности.
5. Эффективная доля запаздывающих нейтронов.
6. Определения и смысл основных эффектов и коэффициентов реактивности.
7. Ядерный и плотностной температурные коэффициенты реактивности.
8. Роль различных температурных эффектов в разных режимах работы реакторов.
9. Основные особенности выгорания уранового топлива.

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Возможность управлять самоподдерживающейся цепной реакцией деления ядер определяется:

Ответы:

- А) наличием и эффективностью системы управления реактором;
- В) учетом запаздывающих нейтронов;
- С) нейтронно-физическими характеристиками материалов активной зоны.

Верный ответ: В) учетом запаздывающих нейтронов

2. Эффект реактивности по параметру  $\rho$  это:

Ответы:

- А) частная производная реактивности по этому параметру;
- В) изменение реактивности, вызванное изменением параметра  $\rho$ ;
- С) отрицательная обратная связь реактивности по параметру  $\rho$ .

Верный ответ: В) изменение реактивности, вызванное изменением параметра  $\rho$

3. Для устойчивой работы реактора при изменении параметра  $\rho$  необходимо:

Ответы:

- А) наличие отрицательной обратной связи реактивности по параметру  $\rho$ ;
- В) наличие допустимого диапазона изменения параметра  $\rho$ ;
- С) наличие ограничения скорости изменения параметра  $\rho$ .

Верный ответ: А) наличие отрицательной обратной связи реактивности по параметру  $\rho$

4. Стационарное отравление реактора ксеноном перед пуском реактора требует:

Ответы:

- А) уменьшить запас реактивности;
- В) не влияет на величину запаса реактивности;
- С) увеличить запас реактивности.

Верный ответ: С) увеличить запас реактивности

5. Добавление борной кислоты в воду первого контура ВВЭР заметно изменяет:

Ответы:

- А) коэффициент размножения на быстрых нейтронах;
- В) вероятность избежать резонансного поглощения нейтронов при замедлении;
- С) коэффициент использования тепловых нейтронов.

Верный ответ: С) коэффициент использования тепловых нейтронов

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ПК-2</sub> Владеет навыками расчетов и экспериментов по физике реакторов

### Вопросы, задания

1. Уравнения кинетики реактора с запаздывающими нейтронами.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Период реактора это:

Ответы:

- А) время, за которое поток нейтронов изменяется в 2 раза;
- В) время, за которое поток нейтронов изменяется в  $e$  раз;
- С) продолжительность переходного процесса при положительном значении реактивности.

Верный ответ: В) время, за которое поток нейтронов изменяется в  $e$  раз

2. Эффективная доля запаздывающих нейтронов определяется:

Ответы:

- А) средней энергией запаздывающих нейтронов;
- В) средним временем образования запаздывающих нейтронов;
- С) ядерной плотностью ядер-предшественников.

Верный ответ: А) средней энергией запаздывающих нейтронов

3. Кампания топлива это:

Ответы:

- А) время работы реактора на номинальной мощности без перегрузки (перемещения) топлива;
- В) время пребывания ТВЭЛов в реакторе, работающем на номинальной мощности;
- С) время пребывания топлива в замкнутом топливном цикле.

Верный ответ: В) время пребывания ТВЭЛов в реакторе, работающем на номинальной мощности

4. Эффективный радиус поглощающего стержня:

Ответы:

- А) больше радиуса цилиндрического стержня;
- В) зависит от радиуса цилиндрического реактора;
- С) меньше радиуса цилиндрического стержня.

Верный ответ: С) меньше радиуса цилиндрического стержня

5. Эффективность поглощающего стержня, расположенного по всей высоте на расстоянии  $r$  от оси симметрии однородного цилиндрического реактора пропорциональна:

Ответы:

- А) квадрату отношения потока нейтронов для реактора без стержня на оси симметрии и на расстоянии  $r$  от нее;
- В) отношению потока нейтронов для реактора без стержня на оси симметрии и на расстоянии  $r$  от нее;
- С) квадратному корню из отношения потока нейтронов для реактора без стержня на оси симметрии и на расстоянии  $r$  от нее.

Верный ответ: А) квадрату отношения потока нейтронов для реактора без стержня на оси симметрии и на расстоянии  $r$  от нее

## ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно*

## ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

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

**Для курсового проекта/работы:**

**3 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

### ***I. Процедура защиты КП/КР***

Защита проводится в форме доклада (10 мин) с последующим ответом на вопросы членов комиссии по работе (5 мин).

### ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

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