

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

**Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

**Наименование образовательной программы: Термоядерные реакторы и плазменные установки**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Физика ядерных реакторов**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гольцев А.О.
	Идентификатор	R1192f195-GoltsevAO-90f55037

(подпись)

А.О. Гольцев

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка  
подписи)

## 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-5 Способен принимать участие в расчетах характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах энергетического оборудования, ядерных и плазменных установок

ИД-6 Владеет навыками расчета основных нейтронно-физических характеристик ядерного реактора

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Защита задания

1. Выполнение части 1 РГР (Расчетно-графическая работа)
2. Выполнение части 2 РГР (Расчетно-графическая работа)
3. Выполнение части 3 РГР (Расчетно-графическая работа)
4. Выполнение части 4 РГР (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Расчет вероятности избежать резонансного захвата (Домашнее задание)
2. Расчет критической массы однородного реактора (Домашнее задание)
3. Расчет нейтронно-физических констант (Домашнее задание)
4. Расчет ядерных концентраций изотопов в материалах активной зоны. Гомогенизация материального состава (Домашнее задание)

## БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора					
Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора	+				
Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр					
Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр		+			
Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение					
Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение			+		

Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"				
Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"				+
Вес КМ:	25	25	25	25

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	14
Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности					
Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности	+				
Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора					
Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора			+		
Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей					
Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей				+	
Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность					
Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность					+
Вес КМ:	25	25	25	25	25

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## 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-5	ИД-6ПК-5 Владеет навыками расчета основных нейтронно-физических характеристик ядерного реактора	Знать: классификацию ядерных реакторов, основные элементы и материалы, используемые в ядерных реакторах основные источники научно-технической информации по физике ядерных реакторов основные нейтронно-физические константы и приближения, используемые в расчётах характеристик ядерных реакторов основные понятия и термины физики ядерных реакторов, методы экспериментальных и теоретических исследований Уметь: производить расчётную оценку энерговыделения,	Расчёт ядерных концентраций изотопов в материалах активной зоны. Гомогенизация материального состава (Домашнее задание) Расчёт нейтронно-физических констант (Домашнее задание) Расчет вероятности избежать резонансного захвата (Домашнее задание) Расчёт критической массы однородного реактора (Домашнее задание) Выполнение части 1 РГР (Расчетно-графическая работа) Выполнение части 2 РГР (Расчетно-графическая работа) Выполнение части 3 РГР (Расчетно-графическая работа) Выполнение части 4 РГР (Расчетно-графическая работа)

		<p>эффектов реактивности, изменения изотопного состава в процессе работы реактора</p> <p>использовать в расчётах современные доступные через интернет ядерные данные</p> <p>выполнять расчеты количественных характеристик процессов, протекающих в ядерном реакторе на основе существующих методик</p> <p>использовать основные законы ядерной и нейтронной физики в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования в физике ядерных реакторов</p>	
--	--	--	--

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

7 семестр

### КМ-1. Расчёт ядерных концентраций изотопов в материалах активной зоны.

#### Гомогенизация материального состава

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится проверка выполненного расчета и опрос студента

#### Краткое содержание задания:

Расчитать ядерные концентрации изотопов в материалах активной зоны. Выполнить гомогенизацию материального состава для следующей конфигурации материального состава активной зоны ядерного реактора

Пример 1 1. Ячейка шестигранная. Размер «под ключ» - 7 см. 2. Диаметр ТВЭЛа – 1,5 см 3. Температура топлива – 1100 К 4. Температура замедлителя – 600 К 5. Материал топлива: -ThC – 90%, -UC – 10%, -обогащение урана по изотопу U235 – 90%, 6. Материал замедлителя: -H2O – 50%, -D2O – 40%, -C2H5OH – 10%

Пример 2 1. Ячейка квадратная - 5 см, 2. Диаметр ТВЭЛа – 1 см, 3. Температура топлива – 1500 К, 4. Температура замедлителя – 1000 К, 5. Материал топлива: -Pu239O2 – 10%, -ThO2 – 90%, 6. Материал замедлителя: -BeO – 96%, -MgO – 2%, -Al2O3 – 2%

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные понятия и термины физики ядерных реакторов, методы экспериментальных и теоретических исследований	1. Перечислить процессы, происходящие с нейтронами при взаимодействии с ядрами среды 2. Дать физическое толкование понятию - сечение. Как от энергии нейтрона зависят сечения различных процессов основных делящихся ядер? 3. Перечислить возможные классификации ядерных реакторов 4. Каковы основные требования к конструкционным материалам различных ядерных реакторов? 5. Какие нейтронно-физические процессы учитываются сечениями захвата, поглощения, рассеяния?
---	--

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

## КМ-2. Расчёт нейтронно-физических констант

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится проверка выполненного расчета и опрос студента

### Краткое содержание задания:

Рассчитать нейтронно-физические константы для полученной в домашнем задании 1 конфигурации материального состава активной зоны ядерного реактора

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: классификацию ядерных реакторов, основные элементы и материалы, используемые в ядерных реакторах	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Что такое термализация нейтронов? Как выглядит спектр тепловых нейтронов в зависимости от энергии? Как усредняются сечения в спектре Максвелла?</li><li>2.Как рассчитать макроскопическое сечение рассеяния, поглощения, деления в многокомпонентной среде? Как рассчитать коэффициент диффузии в многокомпонентной среде?</li><li>3.Исходя из каких предположений выводится уравнение упругого замедления в бесконечной однокомпонентной среде без поглощения? Что такое спектр Ферми?</li><li>4.Законы упругого рассеяния. Что такое ступенька замедления и средний логарифм потери энергии?</li><li>5.Дать физическое определение коэффициента размножения на быстрых нейтронах. Как зависит этот коэффициент от параметров решетки и ее компонентов?</li></ol>
---	--

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

### КМ-3. Расчет вероятности избежать резонансного захвата

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится проверка выполненного расчета и опрос студента

**Краткое содержание задания:**

Рассчитать вероятности избежать резонансного захвата для полученной в домашнем задании 1 конфигурации материального состава активной зоны ядерного реактора

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные источники научно-технической информации по физике ядерных реакторов	<ol style="list-style-type: none"><li>1. В какой области энергий существенно резонансное поглощение? Напишите формулу Брейта-Вигнера</li><li>2. Дать определение вероятности избежать резонансного захвата. Что такое эффективный резонансный интеграл?</li><li>3. Что такое резонансный интеграл бесконечного разбавления. Написать формулу Гуревича-Померанчука</li><li>4. Как резонансный интеграл зависит от температуры? Что такое эффект Доплера?</li><li>5. Что такое возраст нейтронов и чем он отличается от времени жизни нейтрона?</li></ol>
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

### КМ-4. Расчёт критической массы однородного реактора

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится проверка выполненного расчета и опрос студента

**Краткое содержание задания:**

Расчёт критической массы однородного реактора для полученной в домашнем задании 1 конфигурации материального состава активной зоны ядерного реактора

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные нейтронно-физические константы и приближения, используемые в расчётах характеристик ядерных реакторов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как усреднить макроскопические сечения тепловых нейтронов в ячейке ядерного реактора?</li> <li>2. Дать определение коэффициентов входящих в формулу 4-х сомножителей</li> <li>3. Дать физическое толкование коэффициенту использования тепловых нейтронов</li> <li>4. Как рассчитать критическую массу однородного реактора в одногрупповом приближении? Что такое одногрупповое приближение?</li> <li>5. Как влияет отражатель на критическую массу реактора</li> </ol>
---	--

**Описание шкалы оценивания:***Оценка: 5**Нижний порог выполнения задания в процентах: 90**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно**Оценка: 4**Нижний порог выполнения задания в процентах: 75**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач**Оценка: 3**Нижний порог выполнения задания в процентах: 60**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено***8 семестр****КМ-1. Выполнение части 1 РГР****Формы реализации:** Защита задания**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится проверка выполненного расчета и опрос студента**Краткое содержание задания:**

Расчёт изменения изотопного состава для полученной в домашнем задании 1 конфигурации материального состава активной зоны ядерного реактора

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: использовать основные законы ядерной и нейтронной физики в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования в физике ядерных реакторов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценить коэффициент реактивности по плотности замедлителя</li> <li>2. Оценить коэффициент реактивности по температуре замедлителя (считая <math>\Phi_t/\Phi_{зам}</math> константой)</li> <li>3. Оценить коэффициент реактивности по температуре топлива</li> <li>4. Оценить эффект реактивности при распаде ксенона-135</li> </ol>
--	---

	5.Оценить эффект реактивности при накоплении самария-149
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

**КМ-2. Выполнение части 2 РГР**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится проверка выполненного расчета и опрос студента

**Краткое содержание задания:**

Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора для полученной в домашнем задании 1 конфигурации материального состава активной зоны ядерного реактора

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: выполнять расчеты количественных характеристик процессов, протекающих в ядерном реакторе на основе существующих методик	1.Оценить эффект реактивности при выгорании топлива 2.Оценить эффект реактивности при разогреве реактора 3.Оценить максимальную температуру топлива для отдельного твэла 4.Вычислить мощность реактора 5.Вычислить критический размер реактора
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*  
*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

### **КМ-3. Выполнение части 3 РГР**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 25**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится проверка выполненного расчета и опрос студента

**Краткое содержание задания:**

Расчет эффектов реактивности для полученной в домашнем задании 1 конфигурации материального состава активной зоны ядерного реактора

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: использовать в расчётах современные доступные через интернет ядерные данные	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Вычислить коэффициент неравномерности по высоте однородного цилиндрического реактора без отражателя</li><li>2. Вычислить коэффициент неравномерности по радиусу однородного цилиндрического реактора без отражателя</li><li>3. Вычислить полный коэффициент неравномерности в однородном цилиндрическом реакторе без отражателя</li><li>4. Оценить максимальную температуру топлива с учётом коэффициентов неравномерности в однородном цилиндрическом реакторе без отражателя</li><li>5. Оценить как изменится максимальная температура топлива с учётом коэффициентов неравномерности в однородном цилиндрическом реакторе с появлением отражателя</li></ol>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

## КМ-4. Выполнение части 4 РГР

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится проверка выполненного расчета и опрос студента

### Краткое содержание задания:

Расчет баланса реактивности для полученной в домашнем задании 1 конфигурации материального состава активной зоны ядерного реактора

### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: производить расчётную оценку энерговыделения, эффектов реактивности, изменения изотопного состава в процессе работы реактора	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Вычислить период реактора при введённой реактивности много меньше <math>1\beta\text{эфф}</math></li><li>2. Вычислить период реактора при введённой реактивности много больше <math>1\beta\text{эфф}</math></li><li>3. Вычислить введённую реактивность при известном периоде реактора</li><li>4. Оценить максимальную температуру топлива при которой происходит компенсация скачкообразно введённой реактивности</li><li>5. Оценить выделившуюся энергию при скачкообразно введённой реактивности и её компенсации</li></ol>
---	--

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Н И У «М Э И»	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1		«Утверждено» Зав. кафедрой
	Кафедра	Общей физики и ядерного синтеза	
	Дисциплина	Физика ядерных реакторов	
	Институт	ИТАЭ	
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Процессы, происходящие с нейтронами при взаимодействии с ядрами среды.</li><li>2. Эффективный коэффициент размножения в диффузионно-возрастном приближении, вероятность избежать утечки. Длина миграции.</li><li>3. Оценить изменение <math>K_{\infty}</math> при добавление в топливо <math>Xe^{135}</math> 0.001% от плотности топлива, в предположении, что потоки нейтронов в замедлителе и топливе не меняются</li></ol>			

## Процедура проведения

1. Студент получает билет. 2. Готовиться к ответу в течение 1 часа, делая необходимые записи в листе ответа. 3. Отвечает на вопросы экзаменатору.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-бПК-5 Владеет навыками расчета основных нейтронно-физических характеристик ядерного реактора

### Вопросы, задания

- 1.1. Критический размер гомогенного реактора в форме шара.
2. Законы упругого рассеяния. Возраст нейтрона.
3. Оценить изменение  $K_{\infty}$  при увеличении плотности замедлителя на 10%, в предположении, что потоки нейтронов в замедлителе и топливе не меняются.
  - 2.1. Качественная зависимость сечений различных процессов от энергии для основных делящихся ядер.
  2. Вывод уравнений диффузионно-возрастного приближения.
  3. Оценить изменение  $K_{\infty}$  при уменьшении вдвое делящегося материала в топливе, в предположении, что потоки нейтронов в замедлителе и топливе не меняются.
    - 3.1. Плотность нейтронов. Плотность потока нейтронов. Определение скоростей поглощения, деления, размножения и т.д.
    2. Температурная зависимость резонансного интеграла. Доплер – эффект.
    3. Оценить изменение  $K_{\infty}$  при добавлении в замедлитель 0.01% Вест, в предположении, что потоки нейтронов в замедлителе и топливе не меняются.
      - 4.1. Вывод формулы 4-х сомножителей.
      2. Резонансное поглощение. Вероятность избежать резонансного захвата.
      3. Оценить изменение  $K_{\infty}$  при увеличении температуры топлива на  $100^{\circ}\text{C}$ , в предположении, что потоки нейтронов в замедлителе и топливе не меняются.
        - 5.1. Материальный и геометрический параметр.
        2. Стационарное уравнение упругого замедления, плотность замедления.

3. Оценить изменение  $K_{\infty}$  при уменьшении плотности замедлителя на 10%, в предположении, что потоки нейтронов в замедлителе и топливе не меняются.

## Материалы для проверки остаточных знаний

### 1. Что такое замедлитель?

Ответы:

Это механическое устройство для замедления падения стержня СУЗ, Это вещество для замедления химической реакции, Это конструктивный элемент ядерного реактора, в котором замедляются нейтроны, Это кнопка на пульте ядерного реактора

Верный ответ: Это конструктивный элемент ядерного реактора, в котором замедляются нейтроны

### 2. Чем тепловой реактор отличается от быстрого?

Ответы:

Тепловой реактор более горячий, чем быстрый, Быстрый реактор работает быстрее теплового, В быстром реакторе большинство делений ядер осуществляется нейтронами высоких энергий, В быстром реакторе теплоноситель натрий, а в тепловом – вода

Верный ответ: В быстром реакторе большинство делений ядер осуществляется нейтронами высоких энергий

### 3. Чем активная зона гомогенного реактора отличается от гетерогенного?

Ответы:

В гомогенном реакторе всё гомогенно, В гетерогенном реакторе имеется отражатель, В гетерогенном реакторе есть топливо и замедлитель, В гомогенном реакторе активная зона однородна и изотропна

Верный ответ: В гомогенном реакторе активная зона однородна и изотропна

### 4. В чём основная суть одноклассового приближения?

Ответы:

Предполагается, что активная зона и отражатель – сгруппированы, Предполагается, что при замедлении нейтрон не меняет свою энергию, Предполагается, что нейтроны при рождении имеют тепловую энергию, Предполагается, что при замедлении нейтрон рассеивается изотропно

Верный ответ: Предполагается, что нейтроны при рождении имеют тепловую энергию

### 5. Что такое «плотность замедления»?

Ответы:

Ядерная плотность замедлителя, Количество нейтронов в единице объёма пересекающих при замедлении энергию  $E$ , Количество нейтронов в единице объёма пересекающих при замедлении единичную поверхность, Отношение количества тепловых нейтронов к замедляющимся

Верный ответ: Количество нейтронов в единице объёма пересекающих при замедлении энергию  $E$

### 6. Что такое «резонансный интеграл поглощения, деления»?

Ответы:

Это поглощающая способность резонансов, Суммарная скорость реакций поглощения (деления) в резонансной области, Интеграл сечения поглощения (деления) по резонансной области, Это поглощение и деление в резонансной области

Верный ответ: Суммарная скорость реакций поглощения (деления) в резонансной области

### 7. Что такое «коэффициент использования тепловых нейтронов»?

Ответы:

Это отношение скорости поглощения в топливе к полной скорости поглощения тепловых нейтронов, Это коэффициент размножения тепловых нейтронов, Этот

коэффициент показывает как используются тепловые нейтроны, Коэффициент показывает скорость образования тепловых нейтронов

Верный ответ: Это отношение скорости поглощения в топливе к полной скорости поглощения тепловых нейтронов

#### **8. С чего начинается нейтронно-физический расчёт?**

Ответы:

С выбора типа реактора, С расчёта ядерных концентраций, С расчета сечений тепловых нейтронов, С расчета сечений быстрых нейтронов

Верный ответ: С расчёта ядерных концентраций

#### **9. От чего зависят сечения поглощения тепловых нейтронов?**

Ответы:

От мощности реактора, От температуры замедлителя, От размера твэла, От температуры топлива

Верный ответ: От температуры замедлителя

#### **10. От чего зависит величина эффективного резонансного интеграла?**

Ответы:

От мощности реактора, От температуры замедлителя, От размера твэла, От температуры топлива

Верный ответ: От температуры топлива

### **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

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

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

#### **8 семестр**

**Форма промежуточной аттестации: Экзамен**

#### **Пример билета**

Н И У «МЭИ»	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1		«Утверждаю» Зав. кафедрой
	Кафедра	Общей физики и ядерного синтеза	
	Дисциплина	Физика ядерных реакторов	
	Институт	ИТАЭ	
<p>1. Нейтрон. Процессы, происходящие с нейтронами при взаимодействии с ядрами среды. Сечение. Качественная зависимость сечений различных процессов от энергии для основных делящихся ядер.</p> <p>2. Авария на ЧАЭС-4. Почему после снижения мощности до 50% (через 6 часов после начала снижения) ОЭР составил 13,2 стержня?</p> <p>3. Оценить коэффициент реактивности по плотности замедлителя, температуре замедлителя (считая <math>\Phi_t/\Phi_{зам}=\text{const}</math>), температуре топлива.</p>			

## Процедура проведения

1. Студент получает билет. 2. Готовиться к ответу в течение 1 часа, делая необходимые записи в листе ответа. 3. Отвечает на вопросы экзаменатору.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-6ПК-5 Владеет навыками расчета основных нейтронно-физических характеристик ядерного реактора

### Вопросы, задания

- 1.1. Цепная реакция деления. Эффективный коэффициент размножения в бесконечной гомогенной среде. Формула четырех сомножителей. Эффективный коэффициент размножения и формула четырех сомножителей в гетерогенной среде. Сравнение с гомогенной средой.
2. Авария на ЧАЭС-4. Какие нейтронно-физические характеристики реактора изменились при подключении ещё 2х ГЦН (в дополнение к 6ти работающим)?
3. Оценить коэффициент реактивности по  
плотности замедлителя,  
температуре замедлителя (считая  $\Phi_t/\Phi_{зам}=\text{const}$ ),  
температуре топлива.
- 2.1. Критические размеры реактора. Материальный и геометрический параметр. Гомогенный реактор в форме шара, куба, цилиндра.
2. Авария на ЧАЭС-4. Зачем персонал заблокировал сигнал аварийной защиты по останову двух турбогенераторов?
3. Оценить коэффициент реактивности по  
плотности замедлителя,  
температуре замедлителя (считая  $\Phi_t/\Phi_{зам}=\text{const}$ ),  
температуре топлива.
- 3.1. Гомогенный однозонный реактор с отражателем в однокрупном приближении. Эффективная добавка. Реактор без отражателя эквивалентный реактору с отражателем. Пространственное распределение потоков быстрых и тепловых нейтронов.
2. Авария на ЧАЭС-4. В чём особенность конструкции стержней СУЗ на реакторе РБМК?
3. Оценить коэффициент реактивности по  
плотности замедлителя,  
температуре замедлителя (считая  $\Phi_t/\Phi_{зам}=\text{const}$ ),  
температуре топлива.
- 4.1. Законы упругого рассеяния. Ступенька замедления. Средняя логарифмическая потеря энергии.

2. Авария на ЧАЭС-4. Почему через 7 секунд после нажатия кнопки АЗ-5 приборы показали резкое снижение расхода?
3. Оценить коэффициент реактивности по
  - плотности замедлителя,
  - температуре замедлителя (считая  $\Phi_T/\Phi_{зам}=\text{const}$ ),
  - температуре топлива.
- 5.1. Резонансное поглощение, формула Брейта-Вигнера. Вероятность избежать резонансного захвата. Эффективный резонансный интеграл. Температурная зависимость резонансного интеграла, Доплер – эффект.
2. Авария на ЧАЭС-4. Почему перед началом испытаний оперативный запас реактивности стал равен 6-8 стержням?
3. Оценить коэффициент реактивности по
  - плотности замедлителя,
  - температуре замедлителя (считая  $\Phi_T/\Phi_{зам}=\text{const}$ ),
  - температуре топлива.

## Материалы для проверки остаточных знаний

### 1. Какие нуклиды относятся к шлакам?

Ответы:

Нуклиды с маленьким сечением поглощения, Нуклиды с большим сечением поглощения, Нуклиды с большим выходом при делении, Нуклиды с маленьким выходом при делении

Верный ответ: Нуклиды с маленьким сечением поглощения

### 2. Что такое эффект реактивности?

Ответы:

Это  $K_{эфф-1}$ , Это эффективный коэффициент размножения, Это разница между  $K_{эфф}$  в двух состояниях, Это производная  $K_{эфф}$  по температуре, паросодержанию и т.п

Верный ответ: Это разница между  $K_{эфф}$  в двух состояниях

### 3. Где в основном выделяется тепло в реакторе?

Ответы:

В отражателе, В твэлах, В теплоносителе, В биологической защите

Верный ответ: В твэлах

### 4. В каком реакторе теплоноситель кипящий?

Ответы:

ВВЭР-1000, БН-600, ВТГР, РБМК-1000

Верный ответ: РБМК-1000

### 5. Какие нейтроны называются запаздывающими?

Ответы:

Нейтроны, которые вылетают из ядра с запаздыванием, Замедленные нейтроны, Нейтроны от космических лучей, Нейтроны, испускаемые продуктами деления

Верный ответ: Нейтроны, испускаемые продуктами деления

### 6. По какому принципу запаздывающие нейтроны объединены в группы?

Ответы:

По времени рождения, По месту рождения, По скорости распада предшественников, По энергии нейтронов

Верный ответ: По скорости распада предшественников

### 7. Если в критический реактор извне подаются 100 нейтронов в секунду, то как будет меняться количество нейтронов в реакторе?

Ответы:

Количество нейтронов будет увеличиваться по экспоненте, Количество нейтронов будет расти линейно, Количество нейтронов меняться не будет, Количество нейтронов будет уменьшаться по экспоненте

Верный ответ: Количество нейтронов будет расти линейно

**8. Чем контролируется мощность реактора?**

Ответы:

Мощность реактора контролируется датчиками нейтронного потока, Мощность реактора контролируется визуально, Мощность реактора контролируется датчиками расхода теплоносителя, Мощность реактора контролируется персоналом

Верный ответ: Мощность реактора контролируется датчиками нейтронного потока

**9. Какой основной эффект реактивности РБМК привёл к катастрофе на ЧАЭС?**

Ответы:

Отрицательный коэффициент Доплера по температуре топлива, Положительный эффект от распада ксенона, Положительный паровой эффект реактивности, Нажатие кнопки АЗ-5

Верный ответ: Положительный паровой эффект реактивности

**10. Какова основная причина катастрофы на АЭС Фукусима?**

Ответы:

Цунами, Человеческий фактор, Торнадо, Оползень

Верный ответ: Человеческий фактор

**II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

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

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