

**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: Атомные электростанции и установки**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Теория переноса нейтронов**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

Ю.В. Лунчев

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

А.В.

Аникеев

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

А.В.

Аникеев

(расшифровка  
подписи)

## 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-3 Способен к участию в эксплуатации и проектировании основного оборудования атомных электростанций и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы

ИД-1 Знает принципы работы, компоновку и физические особенности реакторных установок различных типов

2. ПК-4 Способен проводить расчеты характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах АЭС и других энергетических установок

ИД-1 Демонстрирует умение использования стандартных методик расчетов характеристик процессов протекающих в оборудовании АЭС

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Диффузия моноэнергетических нейтронов (Контрольная работа)
2. Замедление нейтронов в бесконечных гомогенных средах (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Нейтронно-физические характеристики процесса перемещения нейтронов (Лабораторная работа)
2. Особенности пространственно-энергетического распределения нейтронов в средах (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	14
Диффузия моноэнергетических нейтронов					
Диффузия моноэнергетических нейтронов		+			+
Замедление нейтронов в бесконечных средах					
Замедление нейтронов в бесконечных средах			+		
Пространственно-энергетическое распределение нейтронов					

Пространственно-энергетическое распределение нейтронов			+	+
Вес КМ:	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-3	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Знает принципы работы, компоновку и физические особенности реакторных установок различных типов	Знать: теорию замедления нейтронов в бесконечных средах особенности пространственно-энергетического распределения нейтронов в средах Уметь: анализировать зависимости нейтронно-физических характеристик процесса перемещения нейтронов от состава и физического состояния среды	Замедление нейтронов в бесконечных гомогенных средах (Контрольная работа) Особенности пространственно-энергетического распределения нейтронов в средах (Лабораторная работа) Нейтронно-физические характеристики процесса перемещения нейтронов (Лабораторная работа)
ПК-4	ИД-1 <sub>ПК-4</sub> Демонстрирует умение использования стандартных методик расчетов характеристик процессов протекающих в оборудовании АЭС	Знать: теорию диффузии моноэнергетических нейтронов Уметь: выполнять расчеты характеристик диффузии нейтронов в реакторных	Диффузия моноэнергетических нейтронов (Контрольная работа) Нейтронно-физические характеристики процесса перемещения нейтронов (Лабораторная работа)

		средах	
--	--	--------	--

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

### КМ-1. Диффузия моноэнергетических нейтронов

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** По билетам.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы билета.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: теорию диффузии моноэнергетических нейтронов	1. Уравнение диффузии. Физический смысл и размерность слагаемых в уравнении.  2. Закон Фика. Условие справедливости диффузионного приближения. 3. Граничные условия в диффузионном приближении. Смысл использования экстраполированного размера. 4. Скорость взаимодействия для моноэнергетических нейтронов в односкоростном приближении.
Уметь: выполнять расчеты характеристик диффузии нейтронов в реакторных средах	1. Определение, физический смысл и размерность параметров траектории среднего нейтрона. 2. Определение, физический смысл и размерность длины диффузии. 3. Определение, физический смысл, размерность потока и плотности диффузионного тока нейтронов.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*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*

*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*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

### КМ-2. Замедление нейтронов в бесконечных гомогенных средах

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа  
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25  
**Процедура проведения контрольного мероприятия:** По билетам.

**Краткое содержание задания:**  
 Ответить на вопросы билета.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: теорию замедления нейтронов в бесконечных средах	1. От чего и как зависит энергия упруго рассеявшегося нейтрона в лабораторной системе координат. 2. Определения, размерности и физический смысл характеристик замедлителей 3. Определения, размерности и физический смысл плотности замедления и вероятности избежать поглощения при замедлении 4. Определение, размерность, физический смысл и пределы изменения эффективного резонансного интеграла поглощения
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*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*

*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*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

**КМ-3. Особенности пространственно-энергетического распределения нейтронов в средах**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Устные ответы на вопросы преподавателя по отчету по лабораторной работе.

**Краткое содержание задания:**

Защитить лабораторные работы "Определение длины диффузии для графита методом сигма-призмы" и "Изучение пространственного распределения резонансных и тепловых нейтронов в воде"

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: особенности пространственно-	1. Объяснить пространственное распределение потока тепловых нейтронов, т.е. $\Phi(x)$ и $\Phi(z)$ .
-------------------------------------	---



энергетического распределения нейтронов в средах	<p>2. Как влияют геометрические характеристики источника нейтронов на <math>\Phi(x)</math> и <math>\Phi(z)</math>?</p> <p>3. Как изменится пространственное распределение нейтронов, если учесть остаточную активность? Дать качественное описание алгоритма учета остаточной активности.</p>
<p>Уметь: анализировать зависимости нейтронно-физических характеристик процесса перемещения нейтронов от состава и физического состояния среды</p>	<p>1. Начертить и объяснить графики <math>\ln(\Phi_T) = f(z)</math> при различных значениях энергии нейтронов источника.</p> <p>2. Используя значения коэффициента <math>k_{300}</math>, оценить размеры области влияния верхней грани призмы на распределение <math>\Phi_T = f(z)</math>.</p> <p>3. Точечный источник быстрых нейтронов окружен сферой из кадмия радиусом <math>r</math>. Начертить и объяснить распределения резонансных и тепловых нейтронов в воде. Сравнить с распределением нейтронов при отсутствии кадмиевой сферы.</p> <p>4. Сравнить распределения резонансных и тепловых нейтронов по сферическим слоям в воде для источника нейтронов деления, используемого в данной работе. Объяснить различия между этими распределениями.</p> <p>5. Обосновать необходимость и продолжительность высвечивания детектора после завершения серии экспериментов с облучением закадмированного детектора.</p>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*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*

*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*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

**КМ-4. Нейтронно-физические характеристики процесса перемещения нейтронов**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Устные ответы на вопросы преподавателя по отчету по лабораторной работе.

**Краткое содержание задания:**

Защитить лабораторные работы “Определение сечения радиационного захвата тепловых нейтронов для водорода” и “Определение коэффициента диффузного отражения тепловых нейтронов”

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: особенности пространственно-энергетического распределения нейтронов в средах</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Объяснить различие в распределении тепловых нейтронов по сферическим слоям для воды и водного раствора борной кислоты.</li> <li>2.Объяснить различие в распределении резонансных нейтронов по сферическим слоям для воды и водного раствора борной кислоты.</li> </ol>
<p>Уметь: выполнять расчеты характеристик диффузии нейтронов в реакторных средах</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Показать, что расчет <math>Q1</math> и <math>Q2</math> можно проводить, используя пространственные распределения нейтронов только в пределах бака.</li> <li>2.При каком значении показания пересчетного прибора <math>Dn</math> его погрешность, обусловленная неточностью начала счета (<math>Dt = 0,2</math> с), больше статистической составляющей погрешности <math>Dn</math> при учете только короткоживущего изотопа серебра?</li> <li>3.Вывести формулу расчета для альбеда.</li> <li>4.Проанализировать зависимость альбеда от размера области рассеивающей среды.</li> </ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*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*

*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*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 8 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

Теоретические вопросы:

1. Интегральное уравнение для потока моноэнергетических нейтронов.
  2. Граничные условия в диффузионном приближении. Граница среды с вакуумом.
- Практическая задача:
1. Проведение оценочного нейтронно-физического расчета характеристик процесса перемещения нейтронов в среде по одной из методик.

### Процедура проведения

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-1пк-3 Знает принципы работы, компоновку и физические особенности реакторных установок различных типов

### Вопросы, задания

1. Зависимость вероятности избежать резонансного поглощения от параметров гомогенной среды.
2. Поток нейтронов. Скорость взаимодействия для моноэнергетических и немонаэнергетических нейтронов.
3. Спектры реакторных нейтронов в различных энергетических областях.
4. Плотность тока нейтронов. Закон Фика.
5. Модель непрерывного замедления. Уравнение возраста.
6. Скорость поглощения для замедляющихся нейтронов. Соотношения между скоростью поглощения, вероятностью избежать резонансного поглощения и эффективным резонансным интегралом поглощения.
7. Интегральное уравнение для потока моноэнергетических нейтронов.
8. Истинные резонансные интегралы поглощения и деления. Сравнение истинного и эффективного резонансных интегралов поглощения.
9. Эффективный резонансный интеграл поглощения. Модель непрерывного замедления. Уравнение возраста.
10. Плотность замедления. Вероятность избежать поглощения при замедлении.
11. Уравнение замедления в возрастном приближении.
12. Летаргия. Средняя логарифмическая потеря энергии. Характеристики замедлителей.
13. Пределы применимости уравнения замедления в возрастном приближении. Начальное и граничные условия.
14. Сравнение спектров замедляющихся нейтронов для различных сред.
15. Замедление на тяжелых рассеивателях с поглощением в приближениях узких резонансов и бесконечной массы.
16. Интегральное уравнение баланса нейтронов для задачи о замедлении на тяжелых рассеивателях с поглощением.

- 17.Замедление на тяжелых рассеивателях без поглощения.
- 18.Постановка задачи о замедлении нейтронов в бесконечной среде. Соотношения между параметрами упругого рассеяния нейтронов.
- 19.Замедление на водороде с поглощением.
- 20.Замедление на водороде без поглощения.
- 21.Ступенька замедления. Закон рассеяния.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1.Плотность потока нейтронов и плотность тока нейтронов, величины имеющие одинаковую размерность при этом:

Ответы:

- A) плотность потока нейтронов – векторная величина, плотность тока нейтронов – скалярная величина;
- B) плотность потока нейтронов – скалярная величина, плотность тока нейтронов – векторная величина;
- C) плотность потока нейтронов и плотность тока нейтронов – векторные величины.

Верный ответ: B) плотность потока нейтронов – скалярная величина, плотность тока нейтронов – векторная величина

2.Скорость взаимодействия моноэнергетических нейтронов это:

Ответы:

- A) количество взаимодействий в единице объема в единицу времени в окрестности точки с координатой  $(x,y,z)$  и в окрестности скорости  $V$ ;
- B) частота взаимодействий в единице объема в окрестности точки с координатой  $(x,y,z)$  и окрестности скорости  $V$ ;
- C) скорость взаимодействующих нейтронов в единице объема в окрестности точки с координатой  $(x,y,z)$ .

Верный ответ: A) количество взаимодействий в единице объема в единицу времени в окрестности точки с координатой  $(x,y,z)$  и в окрестности скорости  $V$

3.Энергии нейтрона после рассеяния зависит от:

Ответы:

- A) массы ядра-рассеивателя, угла рассеяния, массы нейтрона;
- B) энергии нейтрона до столкновения, массы нейтрона, угла рассеяния;
- C) массы ядра-рассеивателя, энергии нейтрона до столкновения, угла рассеяния.

Верный ответ: C) массы ядра-рассеивателя, энергии нейтрона до столкновения, угла рассеяния

4.Расположить среды в порядке возрастания замедляющей способности.

Ответы:

- A) Графит – Вода – Уран – Тяжелая вода;
- B) Вода – Тяжелая вода – Уран – Графит;
- C) Уран – Графит – Тяжелая вода – Вода.

Верный ответ: C) Уран – Графит – Тяжелая вода – Вода

5.Приближение Узких Резонансов используется для получения:

Ответы:

- A) величины макроскопического сечения поглощения в сильном резонансе;
- B) спектра нейтронов в области действия сильного резонанса;
- C) величины максимальной потери энергии нейтроном в одном акте рассеяния в области действия сильного резонанса.

Верный ответ: B) спектра нейтронов в области действия сильного резонанса

6.Возраст тепловых нейтронов:

Ответы:

- A) среднее значение времени от момента рождения нейтронов до момента, когда нейтроны стали тепловыми в процессе замедления;

В) величина, пропорциональная среднему значению квадрата смещения нейтронов в процессе замедления от места появления нейтронов до места, где нейтроны стали тепловыми;

С) среднее значение время от момента рождения нейтронов до момента, когда нейтроны поглотились тепловыми в процессе замедления.

Верный ответ: В) величина, пропорциональная среднему значению квадрата смещения нейтронов в процессе замедления от места появления нейтронов до места, где нейтроны стали тепловыми

7. В практических приближенных расчетах используется факт, что форма спектра потока тепловых нейтронов примерно совпадает со:

Ответы:

А) спектром Ферми;

В) спектром Максвелла;

С) спектром Уатта.

Верный ответ: В) спектром Максвелла

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-4</sub> Демонстрирует умение использования стандартных методик расчетов характеристик процессов протекающих в оборудовании АЭС

### Вопросы, задания

1. Понятие диффузии нейтронов. Параметры траектории среднего нейтрона, соотношения между этими параметрами и макроскопическими сечениями.

2. Уравнение диффузии. Условия справедливости диффузионного приближения.

3. Граничные условия в диффузионном приближении. Граница среды с вакуумом.

4. Односкоростное приближение для тепловых нейтронов. Параметры диффузии тепловых нейтронов.

5. Параметры диффузии замедляющихся нейтронов.

6. Сравнение параметров диффузии замедляющихся и тепловых нейтронов для разных сред.

7. Многогрупповой метод. Групповые диффузионные уравнения.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Диффузия нейтронов это:

Ответы:

А) процесс, обусловленный тепловым движением группы нейтронов и наличием градиентов их концентрации;

В) процесс перемещения группы нейтронов данной энергии из области с большей плотностью нейтронов в область с их меньшей плотностью;

С) процесс перемещения нейтрона из области с большей плотностью нейтронов в область с их меньшей плотностью в результате взаимодействия с другими нейтронами различных энергий.

Верный ответ: В). процесс перемещения группы нейтронов данной энергии из области с большей плотностью нейтронов в область с их меньшей плотностью

2. Длина диффузии тепловых нейтронов это:

Ответы:

А) величина, пропорциональная среднему значению смещения тепловых нейтронов в процессе диффузии от места появления до места поглощения;

В) величина, пропорциональная среднему значению смещения быстрых нейтронов в процессе диффузии от места появления до места, где они поглощаются тепловыми;

С) величина, пропорциональная среднему значению смещения нейтронов в процессе диффузии от места появления до места, где нейтроны становятся тепловыми.

Верный ответ: А) величина, пропорциональная среднему значению смещения тепловых нейтронов в процессе диффузии от места появления до места поглощения

3. Расположить среды в порядке возрастания значения длины диффузии.

Ответы:

А) Уран-235 – Графит – Вода – Кадмий;

В) Вода – Графит – Кадмий – Уран-235;

С) Кадмий – Уран-235 – Вода – Графит.

Верный ответ: С) Кадмий – Уран-235 – Вода – Графит

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*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*

*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*

*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

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

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