

**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
Ядерные энергетические реакторы**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

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

С.М.
Никонов

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

ИД-3 Знает принципы управления объектами АЭС, функции и задачи автоматизированных систем управления, сигнализации и защиты

ИД-4 Знает принципы обеспечения безопасности атомных электростанций на всех стадиях их жизненного цикла

2. ПК-3 Способен самостоятельно определять направление и характер проводимых научно-практических работ, учитывать современные тенденции развития атомной энергетики

ИД-3 Знает современные тенденции развития атомной энергетики

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Выполнение задания

1. Теплогидравлический расчет реактора типа ВВЭР (Домашнее задание)

Форма реализации: Письменная работа

1. Основные типы ядерных реакторов и их особенности (Тестирование)

2. Режимы работы реактора. Системы безопасности (Тестирование)

3. Характеристики ядерных реакторов (Контрольная работа)

БРС дисциплины

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Характеристики ядерных реакторов (Контрольная работа)

КМ-2 Основные типы ядерных реакторов и их особенности (Тестирование)

КМ-3 Теплогидравлический расчет реактора типа ВВЭР (Домашнее задание)

КМ-4 Режимы работы реактора. Системы безопасности (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4

	Срок КМ:	4	8	12	15
Принцип работы и основные характеристики реактора					
Принцип работы и основные характеристики реактора	+				
Конструкции и физические особенности реакторов различных типов					
Конструкции и физические особенности реакторов различных типов		+			+
Энерговыделение в реакторе и организация теплоотвода в проектных и аварийных режимах					
Энерговыделение в реакторе и организация теплоотвода в проектных и аварийных режимах			+		
Управление цепной реакцией деления и режимы работы ядерного реактора					
Управление цепной реакцией деления и режимы работы ядерного реактора					+
Вес КМ:		20	20	40	20

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 _{ПК-1} Знает теорию нестационарных нейтронно-физических процессов и способы воздействия на них в ядерных реакторах	Уметь: Определять основные характеристики ядерных энергетических реакторов, отражающие их состояние	КМ-1 Характеристики ядерных реакторов (Контрольная работа)
ПК-1	ИД-3 _{ПК-1} Знает принципы управления объектами АЭС, функции и задачи автоматизированных систем управления, сигнализации и защиты	Знать: Режимы работы и принципы управления ядерным энергетическим реактором	КМ-4 Режимы работы реактора. Системы безопасности (Тестирование)
ПК-1	ИД-4 _{ПК-1} Знает принципы обеспечения безопасности атомных электростанций на всех стадиях их жизненного цикла	Знать: Основные требования предъявляемые к системам безопасности реакторных установок Уметь: Выполнять тепло-гидравлические расчеты ядерных энергетических реакторов	КМ-3 Теплогидравлический расчет реактора типа ВВЭР (Домашнее задание) КМ-4 Режимы работы реактора. Системы безопасности (Тестирование)
ПК-3	ИД-3 _{ПК-3} Знает современные тенденции развития атомной	Знать: Основные типы ядерных энергетических реакторов	КМ-2 Основные типы ядерных реакторов и их особенности (Тестирование)

	энергетики	и их особенности Уметь: Определять практически целесообразные конструкции ядерных реакторов и допустимые для них сочетания материалов	
--	------------	--	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Характеристики ядерных реакторов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа по билетам.

Время на ответ - 45 мин.

Краткое содержание задания:

Решить задачи из билета.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: Определять основные характеристики ядерных энергетических реакторов, отражающие их состояние	1.Какая часть полной энергии, эквивалентной массе покоя ядра, выделяется при делении ядра ^{235}U ? 2.На какой мощности работал ЯР на тепловых нейтронах, если расход ^{235}U составил 0,5 кг/сут? 3.Ядро ^{235}U , поглотив нейтрон, разделилось на два осколка и три нейтрона. Сколько энергии выделилось при делении, если осколками оказались иттрий и неодим? 4.АЭС имеет электрическую мощность 500 МВт. ЯР работает на природном уране с глубиной выгорания $B=3,5$ кг/т. КПД АЭС равен 28 %. Число часов работы ЯР за год составило 7000 ч. Определить удельный и полный расход U . 5.Ядерный реактор работает на мощности 5 МВт. Потеря нейтронов в результате поглощения без деления составляет 45 %. Сколько нейтронов вылетит за пределы активной зоны? Ответ дать в % от образующихся нейтронов и в абсолютном значении за 1 с. Считать, что в результате каждого деления выделяется 200 МэВ энергии и образуется 2,5 нейтронов.

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-2. Основные типы ядерных реакторов и их особенности

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: В форме теста. Время на ответ - 15 мин.

Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы теста.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Основные типы ядерных энергетических реакторов и их особенности	1.Какие из перечисленных реакторов являются канальными? А) ВВЭР Б) ВWR В) ЭГП Г) РБМК Д) CANDU Е) АСТ Ж) HTGR З) AGR 2.Какие из перечисленных реакторов работают на природном (не обогащенном) топливе? А) ВВЭР Б) ВWR В) ЭГП Г) РБМК Д) CANDU Е) АСТ Ж) HTGR З) AGR 3.В каком из перечисленных реакторов используется топливо с наибольшим обогащением? А) ВВЭР Б) ВWR В) ЭГП Г) РБМК Д) CANDU Е) АСТ Ж) HTGR З) AGR 4.Какие из перечисленных реакторов позволяют осуществлять перегрузку топлива без останова (на мощности)? А) ВВЭР Б) ВWR В) ЭГП Г) РБМК Д) CANDU Е) АСТ Ж) HTGR З) AGR
Уметь: Определять практически целесообразные конструкции ядерных реакторов и допустимые для них сочетания материалов	1.Укажите пары замедлитель / теплоноситель, которые могут использоваться (используются) в реакторах. 2.Какие теплоносители можно использовать в реакторах на быстрых нейтронах? 3.Какие материалы лучше выбрать в качестве замедлителя в газоохлаждаемом реакторе?

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. Теплогидравлический расчет реактора типа ВВЭР

Формы реализации: Выполнение задания

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается индивидуальный вариант задание на дом. Решение необходимо представить в течение двух недель.

Краткое содержание задания:

Выполнить расчет распределения по высоте тепловыделяющего элемента (ТВЭЛ) температуры наружной оболочки.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: Выполнять тепло-гидравлические расчеты ядерных энергетических реакторов	1.Чему равен коэффициент неравномерности энерговыделения по высоте? 2.Чему равен коэффициент неравномерности энерговыделения по объему активной зоны? 3.Чему равен коэффициент запаса до кризиса теплообмена?

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. Режимы работы реактора. Системы безопасности

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: В форме теста. Время на ответ - 15 мин.

Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы теста.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Режимы работы и принципы управления ядерным энергетическим реактором	1.Какое состояние реактора называется состоянием мгновенной критичности ? 2.Какое минимальное количество систем останова реактора, в соответствии с нормативными документами, должно выполнять функции аварийной защиты? 3.На сколько групп делятся стержни СУЗ в реакторе ВВЭР-1000? 4.Какая группа стержней СУЗ используется для оперативного изменения реактивности в реакторе ВВЭР-1000?
Знать: Основные требования предъявляемые к системам безопасности реакторных установок	1.К какому типу аварий относится авария на АЭС Фукусима в 2011 г.? 2.Какие исходные события могут стать причиной аварии с нарушением теплоотвода в реакторе ВВЭР-1000? 3.Какая из активных подсистем САОЗ реактора ВВЭР-1000 подает воду с наибольшим расходом? 4.На применении и использовании каких принципов основана безопасность АЭС? 5.В чем заключается принцип глубокоэшелонированной защиты? 6.Какие требования предъявляются к системам безопасности АЭС? 7.Как классифицируются системы безопасности АЭС?

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

НИУ «МЭИ»	Билет № 17 Кафедра АЭС	Утверждаю Зав.кафедрой _____Аникеев А.В. « » 20 г.
		Дисциплина: Ядерные энергетические реакторы
		Институт ИТАЭ
	1. Теплоносители: основные требования, виды теплоносителей, достоинства и недостатки различных видов теплоносителей. 2. Подсчитать количество U235, расходуемого за 7000 часов, источником эл. мощностью 15 кВт. Предположить, что превращение ядерной энергии в электрическую достигается с КПД 45%.	

Процедура проведения

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

Время на подготовку ответа – 30 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. Чем отличается поведение ядерного реактора в двух случаях: 1) при $\Delta k = +0,002$; 2) при $\rho = +0,002$?

2. Ядерный реактор работает на мощности 5 МВт. Потеря нейтронов в результате поглощения без деления составляет 45 %. Сколько нейтронов вылетит за пределы активной зоны? Ответ дать в % от образующихся нейтронов и в абсолютном значении за 1 с. Считать, что в результате каждого деления выделяется 200 МэВ энергии и образуется 2,5 нейтронов.

3. Во сколько раз теплотворная способность природного урана с глубинной выгорания 3,5 кг/т и обогащенного до 6 % ²³⁵U с глубиной выгорания 7 кг/т больше теплотворной способности дизельного топлива ($Q = 10000$ ккал/кг) ?

4. Определить процентное содержание ^{235}U в топливе в конце кампании ЯР на тепловых нейтронах, имеющего $Q_k = 15 \times 10^4 \text{ МВт} \times \text{ч}$ и первоначальную загрузку ^{235}U 30 кг, как составную часть природного урана.

5. На какой мощности работал ЯР на тепловых нейтронах, если расход ^{235}U составил 0,5 кг/сут?

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что произойдет с величиной относительной утечки нейтронов при увеличении размеров активной зоны при сохранении прочих условий?

Ответы:

А) увеличится

Б) уменьшится

Верный ответ: Б) уменьшится

2. Укажите верное неравенство для k_∞ и $k_{эф}$?

Укажите верное неравенство

Ответы:

$$\text{А) } k_\infty < k_{эф}$$

$$\text{Б) } k_\infty > k_{эф}$$

Верный ответ: Верный ответ А.

3. Какое условие должно выполняться при увеличении мощности реактора на каждом шаге внесения дополнительной реактивности?

Ответы:

$$\text{А) } \Delta k = \beta$$

$$\text{Б) } \Delta k < \beta$$

$$\text{В) } \Delta k > \beta$$

Верный ответ: Верный ответ Б.

2. Компетенция/Индикатор: ИД-З_{ПК-1} Знает принципы управления объектами АЭС, функции и задачи автоматизированных систем управления, сигнализации и защиты

Вопросы, задания

1. Баланс нейтронов в реакторе. Роль запаздывающих нейтронов.
2. Какие три основные задачи решают система контроля-управления и система управления и защиты любого реактора?
3. Особенности отравления ксеноном и самарием.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какое минимальное допустимое значение периода реактора?
Ответы:
А) 5 с
Б) 10 с
В) 15 с
Верный ответ: А) 10 с
2. На сколько групп делятся стержни СУЗ в реакторе ВВЭР-1000?
Ответы:
А) 5
Б) 9
В) 10
Верный ответ: В) 10
3. Где обычно размещаются детекторы контроля средней плотности потока нейтронов?
Ответы:
А) Внутри реактора
Б) Снаружи реактора
Верный ответ: Б) Снаружи реактора

3. Компетенция/Индикатор: ИД-4_{ПК-1} Знает принципы обеспечения безопасности атомных электростанций на всех стадиях их жизненного цикла

Вопросы, задания

1. Принцип глубоководной защиты.
2. Международная шкала ядерных событий.
3. Требования предъявляемые к системам безопасности.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какая из перечисленных систем безопасности ВВЭР-1000 подает воду с наибольшим расходом?
Ответы:
А) САОЗ низкого давления
Б) САОЗ высокого давления
Верный ответ: А) САОЗ низкого давления
2. Из скольких гидроемкостей состоит пассивная часть системы САОЗ в ВВЭР-1000?
Ответы:
А) 2
Б) 4
В) 6
Верный ответ: Б) 4
3. Укажите что из перечисленного является физическими барьерами безопасности в реакторе ВВЭР-1000 в соответствии с принципом глубоководной защиты.
Ответы:
А) Топливная матрица

- Б) Оболочка ТВЭЛ
- В) Оболочка ТВС
- Г) Подвесная шахта реактора
- Д) Контур циркуляции теплоносителя
- Е) Защитная оболочка (контаймент)

Верный ответ: А) Топливная матрица Б) Оболочка ТВЭЛ Д) Контур циркуляции теплоносителя Е) Защитная оболочка (контаймент)

4. Компетенция/Индикатор: ИД-ЗПК-3 Знает современные тенденции развития атомной энергетики

Вопросы, задания

1. Водно-водяные реакторы. Общая характеристика. Причины наибольшего распространения. Особенности учитываемые при разработке.
2. Реакторы с графитовым замедлителем. Общая характеристика. Особенности учитываемые при разработке.
3. Тяжеловодные реакторы. Общая характеристика. Особенности учитываемые при разработке.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что из перечисленного может использоваться в качестве поглотителя?

Ответы:

Гафний, бериллий, самарий, графит

Верный ответ: Гафний, самарий

2. Что из перечисленного используется в быстрых реакторах в качестве теплоносителя?

Ответы:

Металл, газ, вода

Верный ответ: Металл, газ

3. Что входит в состав реактора РБМК-1000?

Ответы:

Технологические каналы, тонкостенный кожух, блок защитных труб, подвесная шахта

Верный ответ: Технологические каналы, тонкостенный кожух

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».