

**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  
Ядерные энергетические реакторы**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

С.М.

Никонов

(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

ИД-2 Владеет навыками принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании оборудования АЭС

ИД-4 Демонстрирует понимание процессов, происходящих в оборудовании АЭС и их влияния на конструктивные особенности

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Конструкции и физические особенности реакторов различных типов (Тестирование)
2. Надёжность и безопасность работы энергетического реактора (Тестирование)
3. Принцип работы и основные характеристики ядерного энергетического реактора (Контрольная работа)
4. Режимы работы энергетического ядерного реактора (Тестирование)

## БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Общие сведения о ядерных реакторах					
Общие сведения о ядерных реакторах		+			
Конструкции и физические особенности реакторов различных типов					
Конструкции и физические особенности реакторов различных типов			+	+	+
Перспективы развития реакторов					
Перспективы развития реакторов			+	+	+
Режимы работы, остаточное энерговыделение и вопросы безопасности ядерных реакторов					

Режимы работы, остаточное энерговыделение и вопросы безопасности ядерных реакторов		+	+	+
Вес КМ:	10	40	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: Основные типы ядерных реакторов и их особенности	Конструкции и физические особенности реакторов различных типов (Тестирование) Надёжность и безопасность работы энергетического реактора (Тестирование) Режимы работы энергетического ядерного реактора (Тестирование)
ПК-3	ИД-2 <sub>ПК-3</sub> Владеет навыками принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании оборудования АЭС	Знать: Требования предъявляемые к материалам ядерного реактора	Принцип работы и основные характеристики ядерного энергетического реактора (Контрольная работа)
ПК-3	ИД-4 <sub>ПК-3</sub> Демонстрирует понимание процессов, происходящих в оборудовании АЭС и их влияния на конструктивные особенности	Уметь: Определять основные характеристики реакторов, отражающие их состояние	Принцип работы и основные характеристики ядерного энергетического реактора (Контрольная работа)

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

### КМ-1. Принцип работы и основные характеристики ядерного энергетического реактора

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа по билетам.  
Время на ответ - 30 мин.

#### Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы билета.

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: Требования предъявляемые к материалам ядерного реактора</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Перечислите типы энергетических реакторов находящиеся в настоящее время в эксплуатации в России.</li><li>2.На каких из перечисленных изотопах возможна цепную реакцию деления?</li><li>3.Какие из перечисленных изотопов делятся под действием быстрых нейтронов?</li><li>4.Какие из перечисленных изотопов относятся к вторичному топливу?</li><li>5.Какой уран является высокообогащенным?</li><li>6.Сколько выделяют групп запаздывающих нейтронов?</li><li>7.Что такое критической масса?</li><li>8.Что такое глубина выгорания топлива?</li><li>9.Какой из изотопов бора используется в качестве поглотителя?</li><li>10.Что используется в быстрых реакторах в качестве отражателя?</li><li>11.В каких случаях применяют канальную конструкцию реактора?</li></ol>
<p>Уметь: Определять основные характеристики реакторов, отражающие их состояние</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Ядро урана <math>^{235}\text{U}</math> поглотив нейтрон разделилось на два осколка и три нейтрона. Сколько энергии выделилось при делении, если осколки после превращения в стабильные изотопы оказались иттрий (<math>^{89}\text{Y}</math> 88,9058 а.е.м.) и неодим (<math>^{144}\text{Nd}</math> 143,9100873 а.е.м.)?</li><li>2.Вычислить дефект массы и энергию связи ядра урана <math>^{235}\text{U}</math> и энергию приходящуюся на один нуклон.</li><li>3.Какая скорость деления соответствует мощности источника в 1 кВт?</li><li>4.Подсчитать количество <math>^{235}\text{U}</math>, расходуемого за 1 год, для того чтобы обеспечить работу АЭС на мощности 1000 МВт (электр.). Предположить, что превращение ядерной энергии в электрическую достигается с КПД 35%.</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*

**КМ-2. Конструкции и физические особенности реакторов различных типов**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

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

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы теста

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Основные типы ядерных реакторов и их особенности	<p>1.Какие из перечисленных реакторов являются канальными? А) ВВЭР Б) ВWR В) ЭГП Г) РБМК Д) CANDU Е) АСТ Ж) НТGR З) АGR</p> <p>2.Какие из перечисленных реакторов работают на природном (не обогащенном) топливе? А) ВВЭР Б) ВWR В) ЭГП Г) РБМК Д) CANDU Е) АСТ Ж) НТGR З) АGR</p> <p>3.В каком из перечисленных реакторов используется топливо с наибольшим обогащением? А) ВВЭР Б) ВWR В) ЭГП Г) РБМК Д) CANDU Е) АСТ Ж) НТGR З) АGR</p> <p>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) НТGR З) АGR</p> <p>5.В каком из перечисленных реакторов наибольшее давление в первом контуре (давление теплоносителя)? А) ВВЭР Б) ВWR В) ЭГП Г) РБМК Д) CANDU Е) АСТ Ж) НТGR З) АGR</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-3. Надёжность и безопасность работы энергетического реактора**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

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

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы теста.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: Основные типы ядерных реакторов и их особенности</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Укажите что из перечисленного является физическими барьерами безопасности в реакторе ВВЭР-1000 в соответствии с принципом глубокоэшелонированной защиты.</li><li>2. На сохранение целостности каких барьеров безопасности в соответствии с принципом глубокоэшелонированной защиты в реакторе ВВЭР-1000 направлена работа САОЗ?</li><li>3. Какому уровню по шкале INES соответствует авария с максимальными негативными последствиями?</li><li>4. Какому уровню по шкале INES соответствует событие не значимое с точки зрения безопасности?</li><li>5. Какому уровню по шкале INES соответствует событие не значимое с точки зрения безопасности?</li><li>6. Какие из перечисленных событий могут стать причиной реактивной аварии в реакторе ВВЭР-1000?</li><li>7. Укажите последовательность срабатывания (достижения уставок срабатывания) систем безопасности в реакторе ВВЭР-1000 при аварии с потерей теплоносителя.</li><li>8. Какие из перечисленных систем являются пассивными?</li><li>9. Какие из перечисленных систем совмещают в себе функции систем нормальной эксплуатации?</li><li>10. Какие из перечисленных систем отвечают за снижение давления среды под гермооболочкой на</li></ol>
--	--



	<p>АЭС с ВВЭР?  11.Прототипом какой системы 4 поколения являются реакторы БН на Белоярской АЭС?</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. Режимы работы энергетического ядерного реактора**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

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

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы теста.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: Основные типы ядерных реакторов и их особенности</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Какой сомножитель в формуле <math>k_{\infty} = \eta f p \epsilon</math> является коэффициентом размножения на быстрых нейтронах?</li> <li>2.Что произойдет с величиной утечки нейтронов при увеличении размеров активной зоны при сохранении прочих условий?</li> <li>3.Какое состояние реактора называется состоянием мгновенной критичности ?</li> <li>4.Какое минимальное допустимое значение периода реактора?</li> <li>5.На сколько поддиапазонов с детекторами различной чувствительности делится диапазон определения плотность потока нейтронов?</li> <li>6.В каком режиме чувствительность детекторов плотности потока нейтронов должна быть максимальной?</li> <li>7.Где обычно размещаются детекторы контроля средней плотности потока нейтронов?</li> <li>8.На сколько групп делятся стержни СУЗ в реакторе ВВЭР-1000?</li> <li>9.При помощи чего компенсируются медленные изменения реактивности связанные с выгоранием</li> </ol>
--	--

	топлива в реакторе ВВЭР-1000? 10.Какое условие должно выполняться при увеличении мощности реактора на каждом шаге внесении дополнительной реактивности?
--	--

**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

НИУ «МЭИ»	Экзаменационный билет № _____	Утверждаю Зав.кафедрой _____ Аникеев А.В.
	Кафедра АЭС	«    »                    20    г.
		Дисциплина: Ядерные энергетические реакторы
		Институт ИТАЭ
<p>1. Замедлители: основные требования, виды замедлителей, достоинства и недостатки различных видов замедлителей.</p> <p>2. Кипящие водо-водяные реакторы разработанные в СССР и России (ВК-50, ВК-500, АСТ-500).</p> <p>3. Ядро урана 235 поглотив нейтрон разделилось на два осколка и три нейтрона. Сколько энергии выделилось при делении, если осколки после превращения в стабильные изотопы оказались иттрий (<math>Y_{89} 88,9058</math> а.е.м.) и неодим (<math>Nd_{144} 143,9100873</math> а.е.м.)?</p>		

## 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-1<sub>ПК-3</sub> Знает принципы работы, компоновку и физические особенности реакторных установок различных типов

### Вопросы, задания

- 1.Водо-водяные реакторы с водой под давлением разработанные в СССР и России (ВВЭР-210, ВВЭР-365, ВВЭР-440, ВВЭР-1000, ВВЭР-1200, ВВЭР-1300).
- 2.Конструкция реактора ВВЭР-1000.
- 3.Отличия конструкций ВВЭР-440 и ВВЭР-1000.
- 4.Отличия конструкций ВВЭР и PWR.
- 5.Кипящие водо-водяные реакторы разработанные в СССР и России (ВК-50, ВК-500, АСТ-500).

- 6.Эволюция реакторов BWR (BWR/1...BWR/6, ABWR, ESBWR).
- 7.Графитовые реакторы разработанные в СССР и России (АМ, АМБ, ЭГП, РБМК, РБМКП, МКЭР).
- 8.Конструкция реактора РБМК-1000.
- 9.Сравнение реакторов РБМК и МКЭР.

### Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.Что входит в состав реактора РБМК-1000?

Ответы:

Технологические каналы, тонкостенный кожух, блок защитных труб, подвесная шахта  
Верный ответ: Технологические каналы, тонкостенный кожух

- 2.Какое количество барабан-сепараторов в РБМК-1000?

Ответы:

2, 4, 6, 8

Верный ответ: 4

- 3.Из скольких гидроемкостей состоит пассивная часть системы САОЗ в ВВЭР-1000?

Ответы:

2, 4, 8

Верный ответ: 4

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-3 Владеет навыками принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании оборудования АЭС

### Вопросы, задания

- 1.Реакторы с графитовым замедлителем. Общая характеристика. Особенности учитываемые при разработке.
- 2.Газографитовые реакторы. Общая характеристика. Реакторы Magnox и AGR.
- 3.Теплоносители: основные требования, виды теплоносителей, достоинства и недостатки различных видов теплоносителей.
- 4.Поглотители: основные требования, виды поглотителей, достоинства и недостатки различных видов поглотителей.
- 5.Конструкционные материалы: основные требования, виды конструкционных материалов, достоинства и недостатки различных видов конструкционных материалов.
- 6.Ядерное топливо: основные требования, виды топлива, достоинства и недостатки различных видов топлива.
- 7.Замедлители: основные требования, виды замедлителей, достоинства и недостатки различных видов замедлителей.

### 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 используется в реакторе ВВЭР-1000 для воздействия на реактивность?

Ответы:

Борная кислота, стержни с карбидом бора, нейтронные ловушки

Верный ответ: Борная кислота, стержни с карбидом бора

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-4ПК-3 Демонстрирует понимание процессов, происходящих в оборудовании АЭС и их влияния на конструктивные особенности

**Вопросы, задания**

- 1.Какая часть полной энергии, эквивалентной массе покоя ядра, выделяется при делении ядра  $^{235}\text{U}$ ?
2. Чем отличается поведение ядерного реактора в двух случаях: 1) при  $\Delta k = +0,002$ ; 2) при  $\rho = +0,002$  ?
- 3.Принцип работы и основные характеристики реактора.
- 4.Баланс нейтронов в реакторе. Роль запаздывающих нейтронов.
- 5.Энерговыведение в реакторе.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1.Укажите последовательность срабатывания (достижения уставок срабатывания) систем безопасности в реакторе ВВЭР-1000 при аварии с потерей теплоносителя.

Ответы:

- А) САОЗ низкого давления Б) Гидроемкости САОЗ В) САОЗ высокого давления  
Верный ответ: В, Б, А

2.Какое минимальное допустимое значение периода реактора?

Ответы:

5 с, 10 с, 15 с

Верный ответ: 10 с

3.В каких режимах работы реактора необходимо контролировать плотность потока нейтронов в нем?

Ответы:

- А) при работе на мощности  
Б) при увеличении мощности  
В) при снижении мощности  
Г) при нахождении в остановленном состоянии

Верный ответ: А) при работе на мощности Б) при увеличении мощности В) при снижении мощности Г) при нахождении в остановленном состоянии

4.При помощи чего компенсируются медленные изменения реактивности связанные с выгоранием топлива в реакторе ВВЭР-1000?

Ответы:

- А) регулирующие стержни  
Б) раствор борной кислоты  
Верный ответ: Б) раствор борной кислоты

**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»