

**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
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 В.И.
	Идентификатор	Rf4bcbd4b-MelikhovVI-7cf385d8

В.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-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

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Принцип работы и основные характеристики ядерного энергетического реактора (Контрольная работа)

КМ-2 Конструкции и физические особенности реакторов различных типов (Тестирование)

КМ-3 Надёжность и безопасность работы энергетического реактора (Тестирование)

КМ-4 Режимы работы энергетического ядерного реактора (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

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

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 _{ПК-3} Знает принципы работы, компоновку и физические особенности реакторных установок различных типов	Знать: Основные типы ядерных реакторов и их особенности	КМ-2 Конструкции и физические особенности реакторов различных типов (Тестирование) КМ-3 Надёжность и безопасность работы энергетического реактора (Тестирование) КМ-4 Режимы работы энергетического ядерного реактора (Тестирование)
ПК-3	ИД-2 _{ПК-3} Владеет навыками принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании оборудования АЭС	Знать: Требования предъявляемые к материалам ядерного реактора	КМ-1 Принцип работы и основные характеристики ядерного энергетического реактора (Контрольная работа)
ПК-3	ИД-4 _{ПК-3} Демонстрирует понимание процессов, происходящих в оборудовании АЭС и их влияния на конструктивные особенности	Уметь: Определять основные характеристики реакторов, отражающие их состояние	КМ-1 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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Требования предъявляемые к материалам ядерного реактора	1.Перечислите типы энергетических реакторов находящиеся в настоящее время в эксплуатации в России. 2.На каких из перечисленных изотопах возможна цепную реакцию деления? 3.Какие из перечисленных изотопов делятся под действием быстрых нейтронов? 4.Какие из перечисленных изотопов относятся к вторичному топливу? 5.Какое уран является высокообогащенным? 6.Сколько выделяют групп запаздывающих нейтронов? 7.Что такое критической масса? 8.Что такое глубина выгорания топлива? 9.Какой из изотопов бора используется в качестве поглотителя? 10.Что используется в быстрых реакторах в качестве отражателя? 11.В каких случаях применяют канальную конструкцию реактора?
Уметь: Определять основные характеристики реакторов, отражающие их состояние	1.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 ($Y_{89} 88,9058$ а.е.м.) и неодим ($Nd_{144} 143,9100873$ а.е.м.)? 2.Вычислить дефект массы и энергию связи ядра урана 235 и энергию приходящуюся на один нуклон. 3.Какая скорость деления соответствует мощности источника в 1 кВт? 4.Подсчитать количество U_{235} , 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%.

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. 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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Основные типы ядерных 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 5.В каком из перечисленных реакторов наибольшее давление в первом контуре (давление теплоносителя)?

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	А) ВВЭР Б) ВВР В) ЭГП Г) РБМК Д) CANDU Е) АСТ Ж) HTGR З) АGR

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. 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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Основные типы ядерных реакторов и их особенности	1. Укажите что из перечисленного является физическими барьерами безопасности в реакторе ВВЭР-1000 в соответствии с принципом глубокоэшелонированной защиты. 2. На сохранение целостности каких барьеров безопасности в соответствии с принципом глубокоэшелонированной защиты в реакторе ВВЭР-1000 направлена работа САОЗ? 3. Какому уровню по шкале INES соответствует авария с максимальными негативными последствиями? 4. Какому уровню по шкале INES соответствует событие не значимое с точки зрения безопасности? 5. Какому уровню по шкале INES соответствует событие не значимое с точки зрения безопасности? 6. Какие из перечисленных событий могут стать причиной

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	реактивной аварии в реакторе ВВЭР-1000? 7.Укажите последовательность срабатывания (достижения уставок срабатывания) систем безопасности в реакторе ВВЭР-1000 при аварии с потерей теплоносителя. 8.Какие из перечисленных систем являются пассивными? 9.Какие из перечисленных систем совмещают в себе функции систем нормальной эксплуатации? 10.Какие из перечисленных систем отвечают за снижение давления среды под гермооболочкой на АЭС с ВВЭР? 11.Прототипом какой системы 4 поколения являются реакторы БН на Белоярской 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

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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Основные типы ядерных реакторов и их особенности	1.Какой сомножитель в формуле $k_{\infty} = \eta f p \epsilon$ является коэффициентом размножения на быстрых нейтронах? 2.Что произойдет с величиной утечки нейтронов при увеличении размеров активной зоны при сохранении прочих условий?

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	3.Какое состояние реактора называется состоянием мгновенной критичности ? 4.Какое минимальное допустимое значение периода реактора? 5.На сколько поддиапазонов с детекторами различной чувствительности делится диапазон определения плотность потока нейтронов? 6.В каком режиме чувствительность детекторов плотности потока нейтронов должна быть максимальной? 7.Где обычно размещаются детекторы контроля средней плотности потока нейтронов? 8.На сколько групп делятся стержни СУЗ в реакторе ВВЭР-1000? 9.При помощи чего компенсируются медленные изменения реактивности связанные с выгоранием топлива в реакторе ВВЭР-1000? 10.Какое условие должно выполняться при увеличении мощности реактора на каждом шаге внесения дополнительной реактивности?

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

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

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

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_{ПК-3} 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-2_{ПК-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-4_{ПК-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}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 («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».