

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

Направление подготовки/специальность: 14.05.01 Ядерные реакторы и материалы

Наименование образовательной программы: Моделирование процессов в ядерных реакторах

Уровень образования: высшее образование - специалитет

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Физико-химические процессы в оборудовании АЭС**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Иванов С.О.
Идентификатор	Rd8a54953-IvanovSO-505a674e	

С.О. Иванов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

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

А.В. Дедов

Заведующий
выпускающей кафедрой

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

А.В. Дедов

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 применять расчетно-теоретические методы, численное моделирование и экспериментальные навыки исследования физических процессов в ядерных энергетических установках

ИД-6 Использует законы химии для анализа физико-химических процессов в ядерных энергетических установках

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Основные алгоритмы и методы управления ресурсными характеристиками конструкционных материалов с учетом протекания процессов коррозии (Контрольная работа)

2. Основные и сопутствующие физико-химические процессы, протекающие в оборудовании АЭС и технологические методы защиты конструкционных сплавов от коррозии (Тестирование)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Обобщение и анализ информации о проблемах коррозии и защиты конструкционных материалов от коррозии, защита лабораторной работы №1 (Контрольная работа)

2. Подходы к проведению ускоренных коррозионных ресурсных испытаний, выбору контролируемого параметра и критерия предельного состояния конструкционных материалов, методика пересчета результатов, ускоренных коррозионных ресурсных испытаний на масштаб реального времени, защита лабораторной работы №3 (Контрольная работа)

3. Феноменологическая и детерминированная сущность коррозионных проблем и использования физико-математического аппарата для их решения, защита лабораторной работы №2 (Тестирование)

БРС дисциплины

9 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	3	6	9	11	15
Коррозия конструкционных сплавов						
Коррозия конструкционных сплавов	+					

Детерминистические феноменологические модели процессов повреждения металла					
Детерминистические феноменологические модели процессов повреждения металла		+			
Детерминистические феноменологические методы прогноза остаточного ресурса металла					
Детерминистические феноменологические методы прогноза остаточного ресурса металла			+		
Детерминистические феноменологические методы управления ресурсом металла					
Детерминистические феноменологические методы управления ресурсом металла	+	+		+	
Методы ускоренных ресурсных испытаний конструкционных сплавов и методы пересчета результатов на реальный масштаб времени					
Методы ускоренных ресурсных испытаний конструкционных сплавов и методы пересчета результатов на реальный масштаб времени					+
Вес КМ:	15	25	10	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-1	ИД-6ПК-1 Использует законы химии для анализа физико-химических процессов в ядерных энергетических установках	Знать: основные технологические методы защиты конструкционных сплавов от коррозии основные алгоритмы и методы управления ресурсными характеристиками конструкционных материалов с учетом протекания процессов коррозии основные и сопутствующие физико-химические процессы, протекающие в оборудовании АЭС основные задачи расчетов характеристик коррозионных процессов основные подходы к проведению ускоренных коррозионных ресурсных испытаний, выбору	Основные и сопутствующие физико-химические процессы, протекающие в оборудовании АЭС и технологические методы защиты конструкционных сплавов от коррозии (Тестирование) Обобщение и анализ информации о проблемах коррозии и защиты конструкционных материалов от коррозии, защита лабораторной работы №1 (Контрольная работа) Феноменологическая и детерминированная сущность коррозионных проблем и использования физико-математического аппарата для их решения, защита лабораторной работы №2 (Тестирование) Основные алгоритмы и методы управления ресурсными характеристиками конструкционных материалов с учетом протекания процессов коррозии (Контрольная работа) Подходы к проведению ускоренных коррозионных ресурсных испытаний, выбору контролируемого параметра и критерия предельного состояния конструкционных материалов, методика пересчета результатов, ускоренных коррозионных ресурсных испытаний на масштаб реального времени, защита лабораторной работы №3 (Контрольная работа)

		<p>контролируемого параметра и критерия предельного состояния конструкционных материалов</p> <p>Уметь:</p> <p>принимать и обосновывать конкретные технические решения при проектировании и эксплуатации основного оборудования АЭС для защиты конструкционных материалов от коррозии</p> <p>использовать справочную литературу для поиска, систематизации и обработки информации необходимой для выполнения расчетов</p> <p>выявлять феноменологическую и детерминированную сущность коррозионных проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p> <p>применять методики пересчета результатов, ускоренных коррозионных</p>	
--	--	--	--

		ресурсных испытаний на масштаб реального времени принимать решения по защите материалов от коррозии в рамках своей профессиональной компетенции и должностной инструкции	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Основные и сопутствующие физико-химические процессы, протекающие в оборудовании АЭС и технологические методы защиты конструкционных сплавов от коррозии

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестирование

Краткое содержание задания:

Выбрать правильный вариант ответа.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные и сопутствующие физико-химические процессы, протекающие в оборудовании АЭС	<ol style="list-style-type: none">1. Какие процессы можно отнести к процессам коррозии?2. При какой величине изобарно-изотермического потенциала DG_T (энергией Гиббса) не возможно протекание процессов коррозии?3. Какие реакции происходят на катоде?4. Какие реакции происходят на аноде?5. К каким защитным покрытия предьявляю более высокие требования, особенно в отношении сплошности и толщины?6. При каком методе защиты металлов от коррозии не используется внешний источник тока?7. Какие неметаллические защитные покрытия наиболее распространены?
Уметь: принимать решения по защите материалов от коррозии в рамках своей профессиональной компетенции и должностной инструкции	<ol style="list-style-type: none">1. У какой из образовавшихся пленок (FeO, Fe3O4, Fe2O3) будет максимальное значение критерия сплошности (Пиллинга—Бэдвордса)?2. Можно ли рассчитать глубинный показатель коррозии с помощью отрицательного массового показателя коррозии?3. Укажите необходимый период проведения промывки при заданной скорости роста отложений?

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Обобщение и анализ информации о проблемах коррозии и защиты конструкционных материалов от коррозии, защита лабораторной работы №1

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение контрольной работы и защита лабораторной работы №1

Краткое содержание задания:

Выполнить контрольную работу и защитить выполненную лабораторную работу

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные алгоритмы и методы управления ресурсными характеристиками конструкционных материалов с учетом протекания процессов коррозии	<ol style="list-style-type: none">1.Способы химических очисток и выбор моющих реагентов2.Что добавляется в промывочный раствор для защиты металла от коррозии?3.Каковы преимущества композиций на основе комплексонов?4.Требования, предъявляемые к реагентам, применяемым для отмывок.5.Для чего определяют количество отложений?6.При какой величине отложений необходима промывка?7.Какие процессы являются активаторами, переводящими металл из пассивного состояния в активное?
Знать: основные технологические методы защиты конструкционных сплавов от коррозии	<ol style="list-style-type: none">1.Назначение химических промывок. Виды промывок2.Сущность и назначение основных этапов очистки (предварительная промывка водой, обезжиривание, промывка реагентами, отмывка от реагентов, нейтрализация растворов, пассивация).
Уметь: принимать решения по защите материалов от коррозии в рамках своей профессиональной компетенции и должностной инструкции	<ol style="list-style-type: none">1.Подберите тип химической промывки для ТОТ ПГ АЭС.2.Подберите отмывочный реагент по заданному составу отложений3.В какой последовательности, в общем случае, изменяется состояние поверхности металла при смещении потенциала от равновесного значения в положительную область?

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Феноменологическая и детерминированная сущность коррозионных проблем и использования физико-математического аппарата для их решения, защита лабораторной работы №2

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тест, защита лабораторной работы №2

Краткое содержание задания:

Выполнить контрольную работу и защитить выполненную лабораторную работу

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные задачи расчетов характеристик коррозионных процессов	1.Что выявляется травлением микрошлифа? 2.Как выявляются границы зерен и границы фаз?
Уметь: выявлять феноменологическую и детерминированную сущность коррозионных проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	1.Где в ядерной технике применяются аустенитная нержавеющая сталь, сплавы циркония и алюминия? 2.Основные виды коррозионных разрушений в водных средах при высоких параметрах.

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. Основные алгоритмы и методы управления ресурсными характеристиками конструкционных материалов с учетом протекания процессов коррозии

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа

Краткое содержание задания:

Выполнить контрольную работу

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: использовать справочную литературу для поиска, систематизации и обработки информации необходимой для выполнения расчетов	1. Определить значение коэффициента чувствительности металла к НРО и начальную критическую температуру хрупкости металла?
Уметь: принимать и обосновывать конкретные технические решения при проектировании и эксплуатации основного оборудования АЭС для защиты конструкционных материалов от коррозии	1. Теплообменная поверхность ПГ состоит из 12600 теплообменных труб. Интенсивность отказа трубы $\lambda = 0,32 \cdot 10^{-6}$ 1/ч. Необходимо определить вероятность безотказной работы теплообменной поверхности ПГ в течение времени $t = 50$ ч?

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-5. Подходы к проведению ускоренных коррозионных ресурсных испытаний, выбору контролируемого параметра и критерия предельного состояния конструкционных материалов, методика пересчета результатов, ускоренных коррозионных ресурсных испытаний на масштаб реального времени, защита лабораторной работы №3

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа, защита лабораторной работы

Краткое содержание задания:

Выполнить контрольную работу и защитить выполненную лабораторную работу

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные подходы к проведению ускоренных коррозионных ресурсных испытаний, выбору контролируемого параметра и критерия предельного состояния конструкционных материалов	1.Какие вы знаете газовые теплоносители? Их достоинства и недостатки 2.Что такое процесс окисления металла? 3.Как он протекает и от каких факторов зависит? 4.Какова химическая структура окисных пленок на стали и циркония в данном эксперименте?
Уметь: применять методики пересчета результатов, ускоренных коррозионных ресурсных испытаний на масштаб реального времени	1.Феноменологическая детерминированная модель зарождения и роста питтинга при наличии меди в отложениях?

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

9 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Растворы. Двойной электрический слой. Поляризация и электродные реакции. Электрохимический потенциал. Поляризационные диаграммы.
2. Причины протекания и классификация процессов коррозии.
3. Феноменологическая детерминированная модель зарождения и роста питтинга при наличии меди в отложениях.

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-бпк-1 Использует законы химии для анализа физико-химических процессов в ядерных энергетических установках

Вопросы, задания

1. Причины протекания и классификация процессов коррозии.
2. Методика расчета долговечности по условиям усталости металла и сварных соединений.
3. Причины отказов и их физическая природа.
4. Коррозионная стойкость аустенитных хромоникелевых сталей против коррозионного растрескивания.
5. Причины техногенных инцидентов и аварий на ПГ АЭС. Ошибки при проектировании и конструировании; при изготовлении; эксплуатации. Состояние нормативной документации. Компенсирующие мероприятия, направленные на замедление процессов повреждения металла элементов ПГ.
6. Коррозионная стойкость материалов замедлителя и отражателя; органов регулирования и защиты.
7. Парогенераторы типа ПГВ, их системы, элементы. Конструкционные сплавы. Работа в условиях номинальных характеристик эксплуатации и при отклонении. Взаимная обусловленность процессов повреждения и отказов узлов ПГ и условий эксплуатации оборудования I и II контуров АЭС с ВВЭР.
8. Коррозионная стойкость циркония и его сплавов.
9. Прогноз остаточного ресурса конструкционного сплава заданного узла ПГ при одновременном воздействии нескольких процессов повреждения металла.
10. Коррозионная стойкость сварных соединений.
11. Причины отказов и их физическая природа.
12. Коррозионная стойкость аустенитных хромоникелевых сталей против коррозионного растрескивания.
13. Растворы. Законы Генри, Рауля.
14. Коррозионная стойкость аустенитных сталей. Нарботка до отказа трубных пучков парогенератора.

15. Растворы. Равновесие в растворах, константы равновесия и диссоциации. Гидролиз и подшламовая коррозия.
16. Коррозионная стойкость углеродистых сталей. Водородная хрупкость.
17. Растворы. Двойной электрический слой. Поляризация и электродные реакции. Электрохимический потенциал. Поляризационные диаграммы.
18. Коррозионная стойкость углеродистых сталей. Водородное охрупчивание.
19. Феноменологическая детерминированная модель зарождения и роста питтинга при наличии меди в отложениях.
- Классификация процессов коррозии по условиям протекания. Примеры.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какие процессы можно отнести к процессам коррозии?

Ответы:

- а) химические;
- б) электрохимические;
- в) химические и электрохимические.

Верный ответ: в) химические и электрохимические.

2. Коррозионные процессы протекают

Ответы:

- а) необратимо и самопроизвольно;
- б) обратимо;
- в) самопроизвольно и обратимо.

Верный ответ: а) необратимо и самопроизвольно

3. При какой величине изобарно-изотермического потенциала DG_T . (энергией Гиббса) не возможно протекание процессов коррозии:

Ответы:

- а) $DG_T < 0$
- б) $DG_T > 0$
- в) $DG_T = 0$

Верный ответ: б) $DG_T > 0$

4. У какой из образовавшихся пленок (**FeO**, **Fe₃O₄**, **Fe₂O₃**) будет максимальное значение критерия сплошности (Пиллинга—Бэдвордса)?

Ответы:

- а) **Fe₃O₄**;
- б) **Fe₂O₃**;
- в) **FeO**.

Верный ответ: б) Fe₂O₃

5. При каком условии возможно протекание коррозионного процесса:

Ответы:

- а) $\varphi_k > \varphi_a$;
- б) $\varphi_k < \varphi_a$;
- в) $\varphi_k = \varphi_a$

Верный ответ: а) $\varphi_k > \varphi_a$

6. Какие реакции происходят на катоде?

Ответы:

- а) окислительные;
- б) восстановительные;
- в) нейтральные

Верный ответ: б) восстановительные

7. Какие реакции происходят на аноде?

Ответы:

- а) окислительные;

- б) восстановительные;
- в) нейтральные.

Верный ответ: а) окислительные

8. Можно ли рассчитать глубинный показатель коррозии с помощью отрицательного массового показателя коррозии?

Ответы:

- а) Да;
- б) Нет;
- в) Иногда.

Верный ответ: а) Да

9. К каким защитным покрытиям предъявляю более высокие требования, особенно в отношении сплошности и толщины?

Ответы:

- а) Анодным;
- б) Катодным;
- в) Смешанным.

Верный ответ: б) Катодным

10. При каком методе защиты металлов от коррозии не используется внешний источник тока?

Ответы:

- а) Анодном;
- б) Катодном;
- в) Протекторном.

Верный ответ: в) Протекторном

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

Оценка: 2

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»