

**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
Физико-химические процессы в оборудовании АЭС**

**Москва
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

С.О. Иванов

(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-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

ИД-2 Демонстрирует владение навыком поиска, систематизации и обработки справочных данных и иной информации необходимой для выполнения расчетов и проведения экспериментов

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

7 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-4	ИД-1 _{ПК-4} Демонстрирует умение использования стандартных методик расчетов характеристик процессов протекающих в оборудовании АЭС	Знать: основные задачи расчетов характеристик коррозионных процессов основные подходы к проведению ускоренных коррозионных ресурсных испытаний, выбору контролируемого параметра и критерия предельного состояния конструкционных материалов основные алгоритмы и методы управления ресурсными характеристиками конструкционных материалов с учетом протекания процессов коррозии основные технологические методы защиты конструкционных сплавов от коррозии	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) 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)

		основные и сопутствующие физико-химические процессы, протекающие в оборудовании АЭС	
ПК-4	ИД-2ПК-4 Демонстрирует владение навыком поиска, систематизации и обработки справочных данных и иной информации необходимой для выполнения расчетов и проведения экспериментов	Уметь: принимать решения по защите материалов от коррозии в рамках своей профессиональной компетенции и должностной инструкции принимать и обосновывать конкретные технические решения при проектировании и эксплуатации основного оборудования АЭС для защиты конструкционных материалов от коррозии применять методики пересчета результатов, ускоренных коррозионных ресурсных испытаний на масштаб реального времени выявлять феноменологическую и детерминированную сущность коррозионных проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать	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)

		для их решения соответствующий физико- математический аппарат использовать справочную литературу для поиска, систематизации и обработки информации необходимой для выполнения расчетов	
--	--	--	--

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 покрытиям предъявляю 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

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	1. Назначение химических промывок. Виды промывок 2. Сущность и назначение основных этапов очистки (предварительная промывка водой, обезжиривание, промывка реагентами, отмывка от реагентов, нейтрализация растворов, пассивация). 3. Способы химических очисток и выбор мощных реагентов 4. Что добавляется в промывочный раствор для защиты металла от коррозии? 5. Каковы преимущества композиций на основе комплексонов? 6. Требования, предъявляемые к реагентам, применяемым для отмывок. 7. Для чего определяют количество отложений?
Знать: основные технологические методы защиты конструкционных сплавов от коррозии	1. При какой величине отложений необходима промывка? 2. Какие процессы являются активаторами, переводящими металл из пассивного состояния в активное?
Уметь: принимать решения по защите материалов от коррозии в рамках своей профессиональной компетенции и должностной инструкции	1. Подберите тип химической промывки для ТОТ ПГ АЭС. 2. Подберите отмывочный реагент по заданному составу отложений 3. 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

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 такое микроструктура металлов и сплавов? 2.С какой целью применяют микроскопический анализ? 3.Что можно выявить, исследуя микроструктуру металла, если микрошлиф нетравлен? 4.Назначение микрошлифа и порядок его приготовления 5.Что выявляется травлением микрошлифа?
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.Какие факторы вызывают коррозионные разрушения аустенитной нержавеющей стали, циркония, алюминия? 3.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

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

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-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? 2.Перечислите мероприятия по устранению условий для развития коррозии под напряжением?

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

7 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-1_{ПК-4} Демонстрирует умение использования стандартных методик расчетов характеристик процессов протекающих в оборудовании АЭС

Вопросы, задания

1. Причины протекания и классификация процессов коррозии.
2. Коррозионная стойкость сварных соединений.
3. Причины отказов и их физическая природа.
4. Коррозионная стойкость аустенитных хромоникелевых сталей против коррозионного растрескивания.
5. Растворы. Законы Генри, Рауля.
6. Растворы. Равновесие в растворах, константы равновесия и диссоциации. Гидролиз и подшламовая коррозия.
7. Коррозионная стойкость углеродистых сталей. Водородная хрупкость.
8. Растворы. Двойной электрический слой. Поляризация и электродные реакции. Электрохимический потенциал. Поляризационные диаграммы.
9. Коррозионная стойкость углеродистых сталей. Водородное охрупчивание.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. 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

2. 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) $\varphi_k > \varphi_a$

3. Какие реакции происходят на катоде?

Ответы:

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

Верный ответ: б) восстановительные

4. Какие реакции происходят на аноде?

Ответы:

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

Верный ответ: а) окислительные

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

Ответы:

- а) Да;
- б) Нет;
- в) Иногда.

Верный ответ: а) Да

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-4} Демонстрирует владение навыком поиска, систематизации и обработки справочных данных и иной информации необходимой для выполнения расчетов и проведения экспериментов

Вопросы, задания

1. Методика расчета долговечности по условиям усталости металла и сварных соединений.
 2. Причины отказов и их физическая природа.
 3. Коррозионная стойкость аустенитных хромоникелевых сталей против коррозионного растрескивания.
 4. 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.
 5. Коррозионная стойкость материалов замедлителя и отражателя; органов регулирования и защиты.
 6. 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.
 7. Коррозионная стойкость циркония и его сплавов.
 8. Прогноз остаточного ресурса конструкционного сплава заданного узла ПГ при одновременном воздействии нескольких процессов повреждения металла.
 9. Коррозионная стойкость аустенитных сталей. Нарботка до отказа трубных пучков парогенератора.
 10. 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. 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

5. 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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

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