

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Автономные энергетические системы. Водородная и электрохимическая энергетика

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Коррозионные проблемы в энергетике**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пуцылов И.А.
	Идентификатор	R2ab9c545-PutsyloviA-7a96334f

И.А. Пуцылов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ланская И.И.
	Идентификатор	R3db6324d-Lanskyall-6f410db9

И.И.
Ланская

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кулешов Н.В.
	Идентификатор	Re9c42de9-KuleshovNV-bc390ed6

Н.В.
Кулешов

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 обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации и разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов

ИД-1 Обосновывает потребности в техническом и материальном обеспечении эксплуатации автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов

2. ПК-4 Способен к определению потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов в энергоресурсах

ИД-2 Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Определение термодинамической вероятности протекания электрохимической коррозии при заданных условиях эксплуатации металла (Контрольная работа)
2. Термодинамика высокотемпературной газовой коррозии. Влияние парциального давления окислителя на термодинамику газовой коррозии (Контрольная работа)
3. Термодинамика электрохимической коррозии. Влияние коррозионной среды на процесс электрохимической коррозии. Материальный расчет коррозионного разрушения металла (Контрольная работа)
4. Химическая коррозия. Влияние температуры на термодинамику химической коррозии (Контрольная работа)

БРС дисциплины

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Термодинамика высокотемпературной газовой коррозии. Влияние парциального давления окислителя на термодинамику газовой коррозии (Контрольная работа)
- КМ-2 Химическая коррозия. Влияние температуры на термодинамику химической коррозии (Контрольная работа)

- КМ-3 Определение термодинамической вероятности протекания электрохимической коррозии при заданных условиях эксплуатации металла (Контрольная работа)
- КМ-4 Термодинамика электрохимической коррозии. Влияние коррозионной среды на процесс электрохимической коррозии. Материальный расчет коррозионного разрушения металла (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	14
Общая характеристика коррозионных процессов. Химическая коррозия					
Общая характеристика коррозионных процессов. Химическая коррозия		+	+		
Термодинамика электрохимической коррозии. Кинетика электрохимической коррозии					
Термодинамика электрохимической коррозии. Кинетика электрохимической коррозии					+
Методы защиты металлов от электрохимической коррозии					
Методы защиты металлов от электрохимической коррозии					+
Электрохимическая коррозия в естественных и промышленных условиях					
Электрохимическая коррозия в естественных и промышленных условиях				+	
Вес КМ:		25	25	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-1ПК-3 Обосновывает потребности в техническом и материальном обеспечении эксплуатации автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	Знать: ИД-1ПК-3 перечень основных материалов и веществ используемых для минимизации процесса коррозии; основные методы борьбы с коррозией металлов технологического оборудования Уметь: ИД-1ПК-3 Оценить потребность энергообъекта в веществах и материалах, используемых для минимизации процесса коррозии, организовать производственный процесс с минимальным коррозионным износом технологического оборудования	КМ-1 Термодинамика высокотемпературной газовой коррозии. Влияние парциального давления окислителя на термодинамику газовой коррозии (Контрольная работа) КМ-2 Химическая коррозия. Влияние температуры на термодинамику химической коррозии (Контрольная работа)
ПК-4	ИД-2ПК-4 Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для	Знать: ИД-2ПК-4 Способы минимизации	КМ-3 Определение термодинамической вероятности протекания электрохимической коррозии при заданных условиях эксплуатации металла (Контрольная работа)

	автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	коррозионного износа технологического оборудования Уметь: ИД-2ПК-4 эффективно использовать топливно-энергетические ресурсы при эксплуатации автономных энергетических систем с целью минимизации коррозии оборудования	КМ-4 Термодинамика электрохимической коррозии. Влияние коррозионной среды на процесс электрохимической коррозии. Материальный расчет коррозионного разрушения металла (Контрольная работа)
--	---	--	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Термодинамика высокотемпературной газовой коррозии. Влияние парциального давления окислителя на термодинамику газовой коррозии

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа выполняется по билетам на практическом занятии.

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний химической термодинамики в области высокотемпературной газовой коррозии

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: ИД-1ПК-3 перечень основных материалов и веществ используемых для минимизации процесса коррозии; основные методы борьбы с коррозией металлов технологического оборудования	1. Определите термодинамическую возможность газовой коррозии металлического изделия (М) при парциальном давлении кислорода p_{O_2} и температуре Т. Составьте уравнения процессов. 2. Определите парциальное давление кислорода, при котором прекращается коррозия данного металла при данной температуре

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. Химическая коррозия. Влияние температуры на термодинамику химической коррозии

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа выполняется по билетам на практическом занятии.

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний химической термодинамики в области химической коррозии

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: ИД-1ПК-3 Оценить потребность энергообъекта в веществах и материалах, используемых для минимизации процесса коррозии, организовать производственный процесс с минимальным коррозионным износом технологического оборудования	1. Определите диапазон температур, при которых данная коррозия термодинамически невозможна 2. Определите термодинамическую возможность химической коррозии металлического изделия М в неэлектропроводной среде, содержащей коррозионноопасные примеси Ох при температуре Т в стандартных условиях. Составьте уравнения процессов.

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. Определение термодинамической вероятности протекания электрохимической коррозии при заданных условиях эксплуатации металла

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа выполняется по билетам на практическом занятии.

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний в области термодинамики электрохимической коррозии

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: ИД-2ПК-4 Способы минимизации коррозионного износа технологического оборудования	1.Определите возможность электрохимической коррозии изделия из заданного металла М в заданном растворе электролита при заданной температуре при относительных парциальных давлениях газов p_{H_2} и p_{O_2} . Напишите уравнения анодного и катодного процессов. 2.Рассчитайте ЭДС коррозионных ГЭ

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. Термодинамика электрохимической коррозии. Влияние коррозионной среды на процесс электрохимической коррозии. Материальный расчет коррозионного разрушения металла

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа выполняется по билетам на практическом занятии.

Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний в области термодинамики электрохимической коррозии

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
---	------------------------------

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: ИД-2ПК-4 эффективно использовать топливно-энергетические ресурсы при эксплуатации автономных энергетических систем с целью минимизации коррозии оборудования	1. Рассчитайте, сколько и какого металла (мг) прокорродировало, если в процессе коррозии поглотилось VO_2 мл кислорода и выделилось VH_2 мл водорода. Определите, чему равна сила коррозионного тока, если продолжительность коррозии t минут. 2. Напишите уравнения электрохимической коррозии сплава при заданном pH среды, $T=298\text{K}$. Предложите анодное и катодное покрытия для защиты сплава от электрохимической коррозии

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

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Железное изделие помещено в раствор 1н НСl. Определите, как изменится напряжение коррозионного ГЭ, если при его работе концентрация ионов Fe^{2+} увеличится до 0,15 моль/л, а поляризация водородного процесса составит 0,8 В.
2. Покажите вид коррозионной диаграммы для коррозии Zn в хорошо перемешиваемой коррозионной среде на воздухе.
3. Коррозия Ni с водородной деполяризацией. Стадии катодного процесса. Предложите способы снижения скорости данной коррозии.
4. Кинетика газовой коррозии Fe и Cr в кислороде. Рассчитайте, во сколько раз изменится толщина оксидной пленки при увеличении времени коррозии от 2 до 200 часов.

Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-3} Обосновывает потребности в техническом и материальном обеспечении эксплуатации автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов

Вопросы, задания

1. Исходя из величины энергии Гиббса определить, какие металлы (Cu, Zn, Au) будут корродировать во влажном воздухе по уравнению
$$\text{Me} + 1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Me}(\text{OH})_2$$

Рассчитайте ЭДС коррозионных ГЭ
2. Коррозия металлов в жидких металлах. Предложите способы защиты Fe от коррозии в расплаве Zn

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Определите возможность электрохимической коррозии изделия из заданного металла Fe в заданном растворе электролита 0,1 М FeCl_2 при заданной температуре 250С при относительных парциальных давлениях газов $p_{\text{H}_2} = 0,1$ и $p_{\text{O}_2} = 0,9$. Напишите уравнения анодного и катодного процессов.
Рассчитайте ЭДС коррозионных ГЭ.

Ответы:

Напишите уравнения анодного и катодного процессов.

Верный ответ: 1,37 (O₂/Fe) ; 0,247 В (H⁺/Fe)

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-4 Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов

Вопросы, задания

1. Покажите вид коррозионной диаграммы для коррозии Mg в нейтральной среде на воздухе
2. Кинетика катодного процесса кислородной деполяризации при электрохимической коррозии Ni. Стадии процесса. Предложите способы снижения скорости данной коррозии

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Рассчитайте, сколько и какого металла (мг) прокорродировало, если в процессе коррозии поглотилось 56 мл кислорода и выделилось 22,4 мл водорода. Определите, чему равна сила коррозионного тока, если продолжительность коррозии 2 минуты.

Ответы:

Записать уравнения коррозионных процессов

Верный ответ: 39 мг; 9,6 А.

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» на основании семестровой и аттестационной составляющих.