

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

**Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Автономные энергетические системы**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Коррозия и защита материалов в энергетике**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

И.А.

Пуцылов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

И.И. Ланская

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

Н.В.

Кулешов

(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 обеспечению технологической, производственной и трудовой дисциплины при эксплуатации автономных энергетических систем и их элементов  
ИД-1 соблюдает правила технологической и производственной дисциплины при эксплуатации автономных энергетических систем и их элементов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Влияние pH среды на процесс электрохимической коррозии. Материальный расчет. (Расчетно-графическая работа)
2. Определение термодинамической вероятности протекания электрохимической коррозии при заданных условиях. б) ЭДС и поляризация электродов короткозамкнутого ГЭ. (Расчетно-графическая работа)
3. Термодинамика газовой коррозии. Влияние парциального давления окислителя на термо-динамику газовой коррозии. 2) Термодинамика газовой коррозии. Область температур протекания процесса газовой коррозии. 3) Термодинамика химической коррозии. Влияние температуры на термодинамику химической коррозии. (Расчетно-графическая работа)
4. Электрохимическая коррозия в естественных и промышленных условиях. (Расчетно-графическая работа)

## БРС дисциплины

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	13
Общая характеристика процессов коррозии. Введение в дисциплину. Химическая коррозия					
Общая характеристика процессов коррозии. Введение в дисциплину. Химическая коррозия	+				
Термодинамика и кинетика электрохимической коррозии					
Термодинамика и кинетика электрохимической коррозии		+			
Методы защиты металлов от электрохимической коррозии					
Методы защиты металлов от электрохимической коррозии			+		

Электрохимическая коррозия в естественных и промышленных условиях. Заключение по дисциплине				
Электрохимическая коррозия в естественных и промышленных условиях. Заключение по дисциплине				+
Вес КМ:	25	25	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> соблюдает правила технологической и производственной дисциплины при эксплуатации автономных энергетических систем и их элементов	<p>Знать:</p> <p>Правила технологической и производственной дисциплины при эксплуатации автономных энергетических систем и их элементов с целью минимизации процесса коррозии</p> <p>Перечень основных материалов и веществ используемых для минимизации процесса коррозии</p> <p>Основные методы борьбы с коррозией металлов технологического оборудования</p> <p>Способы минимизации коррозионного износа технологического оборудования</p> <p>Уметь:</p> <p>Соблюдать правила технологической и</p>	<p>Термодинамика газовой коррозии. Влияние парциального давления окислителя на термо-динамику газовой коррозии. 2) Термодинамика газовой коррозии. Область температур протекания процесса газовой коррозии. 3) Термодинамика химической коррозии. Влияние температуры на термодинамику химической коррозии. (Расчетно-графическая работа)</p> <p>Влияние pH среды на процесс электрохимической коррозии. Материальный расчет. (Расчетно-графическая работа)</p> <p>Определение термодинамической вероятности протекания электрохимической коррозии при заданных условиях. 6) ЭДС и поляризация электродов короткозамкнутого ГЭ. (Расчетно-графическая работа)</p> <p>Электрохимическая коррозия в естественных и промышленных условиях. (Расчетно-графическая работа)</p>

		<p>производственной дисциплины при эксплуатации автономных энергетических систем и их элементов</p> <p>Оценить потребность энергообъекта в веществах и материалах, используемых для минимизации процесса коррозии</p> <p>Организовать производственный процесс с минимальным коррозионным износом технологического оборудования</p> <p>Предлагать мероприятия по минимизации процесса коррозии и оценивать их эффективность</p> <p>Использовать современные физико-химические методы и лабораторное оборудование для исследования процесса коррозии и оценки эффективности применяемых антикоррозионных мероприятий</p> <p>Уметь консолидировать и обрабатывать результаты</p>	
--	--	--	--

		эксперимента, подбирать наиболее эффективные материалы и способы борьбы с коррозией	
--	--	---	--

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

**КМ-1. Термодинамика газовой коррозии. Влияние парциального давления окислителя на термо-динамику газовой коррозии. 2) Термодинамика газовой коррозии. Область температур протекания процесса газовой коррозии. 3) Термодинамика химической коррозии. Влияние температуры на термодинамику химической коррозии.**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется в форме домашнего задания

**Краткое содержание задания:**

Работа ориентирована на проверку знаний в области химической коррозии

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: 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. Чем определяется процесс газовой коррозии М после начала окисления? Какие еще газы могут вызвать коррозию данного металла при тех же условиях? Определите парциальное давление кислорода, при котором прекращается коррозия данного металла при данной Т. 2. Определите область температур, в которой невозможна газовая коррозия металла М под действием окислителя $O_x$ в стандартных условиях. Составьте уравнения процессов. Какой металл относительно устойчив в среде этого окислителя.
Уметь: Использовать современные физико-химические методы и лабораторное оборудование для исследования процесса коррозии и оценки эффективности применяемых антикоррозионных мероприятий	1. Определите термодинамическую возможность газовой коррозии металлического изделия (М) при парциальном давлении кислорода $p_{O_2}$ и температуре Т. Составьте уравнения процессов.
Уметь: Организовать производственный процесс с минимальным коррозионным износом технологического оборудования	1. Определите термодинамическую возможность химической коррозии металлического изделия М в неэлектропроводной среде, содержащей коррозионноопасные примеси $O_x$ при температуре Т в стандартных условиях. Составьте уравнения процессов.



**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. Влияние рН среды на процесс электрохимической коррозии.****Материальный расчет.**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется в форме домашнего задания

**Краткое содержание задания:**

Работа ориентирована на проверку знаний в области электрохимической коррозии

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Перечень основных материалов и веществ используемых для минимизации процесса коррозии	1. Написать уравнения электрохимической коррозии сплава при заданном рН среды. Условия стандартные, $T=298K$ . Сколько и какого металла (мг) прородировало, если в процессе коррозии поглотилось $V_{O_2}$ мл кислорода и выделилось $V_{H_2}$ мл водорода. Определите, чему равно сила коррозионного тока, если продолжительность коррозии $t$ минут. Предложите анодное и катодное покрытия для защиты сплава от электрохим. коррозии.
Уметь: Соблюдать правила технологической и производственной дисциплины при эксплуатации автономных энергетических систем и их элементов	1. Определите термодинамическую возможность химической коррозии металлического изделия $M$ в неэлектропроводной среде, содержащей коррозионноопасные примеси $Ox$ при температуре $T$ в стандартных условиях. Составьте уравнения процессов.

**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. Определение термодинамической вероятности протекания электрохимической коррозии при заданных условиях. б) ЭДС и поляризация электродов короткозамкнутого ГЭ.**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 25**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется в форме домашнего задания

**Краткое содержание задания:**

Работа ориентирована на проверку знаний в области электрохимической коррозии

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: Способы минимизации коррозионного износа технологического оборудования</p>	<p>1. Определить возможность электрохимической коррозии изделия из заданного металла М в заданном растворе электролита при заданной температуре при относительных парциальных давлениях газов рН<sub>2</sub> и рО<sub>2</sub>. Написать уравнения анодного и катодного процессов.</p>
<p>Уметь: Предлагать мероприятия по минимизации процесса коррозии и оценивать их эффективность</p>	<p>1. Определить возможность электрохимической коррозии с водородной деполяризацией изделия из заданного сплава в заданном растворе электролита. Как изменится ЭДС коррозионного ГЭ в результате концентрационной поляризации анода, если концентрация иона М<sup>n+</sup> возросла до С<sub>Мn<sup>+</sup></sub>? Перенапряжение выделения водорода на катодном металле при плотности тока i<sub>кор</sub> рассчитать с учетом констант "а" и "b" уравнения Тафеля.</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. Электрохимическая коррозия в естественных и промышленных условиях.**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется в форме домашнего задания

#### **Краткое содержание задания:**

Работа ориентирована на проверку знаний в области электрохимической коррозии в естественных и промышленных условиях.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Правила технологической и производственной дисциплины при эксплуатации автономных энергетических систем и их элементов с целью минимизации процесса коррозии	1. Какие разрушения называют коррозионно-механическими? Какой вид разрушения металла (М) имеет место при эксплуатации его в электролите, содержащем $H^+$ и $O_2$ под действием механической нагрузки ( $\sigma$ )? Составьте уравнения процесса.
Уметь: Оценить потребность энергообъекта в веществах и материалах, используемых для минимизации процесса коррозии	1. Напишите уравнения электрохимической коррозии сплава при заданном рН среды, $T=298K$ . Предложите анодное и катодное покрытия для защиты сплава от электрохимической коррозии
Уметь: Уметь консолидировать и обрабатывать результаты эксперимента, подбирать наиболее эффективные материалы и способы борьбы с коррозией	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.

#### **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

6 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

## Пример билета

1. Исходя из величины энергии Гиббса определить, какие металлы (Cu, Zn, Au) будут корродировать во влажном воздухе по уравнению  
$$Me + 1/2O_2 + H_2O \rightleftharpoons Me(OH)_2$$
Рассчитайте ЭДС коррозионных ГЭ.
2. Покажите вид коррозионной диаграммы для коррозии Mg в нейтральной среде на воздухе.
3. Кинетика катодного процесса кислородной деполяризации при электрохимической коррозии Ni. Стадии процесса. Предложите способы снижения скорости данной коррозии.
4. Коррозия металлов в жидких металлах. Предложите способы защиты Fe от коррозии в расплаве Zn.

## 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<sub>ПК-3</sub> соблюдает правила технологической и производственной дисциплины при эксплуатации автономных энергетических систем и их элементов

### Вопросы, задания

1. Какие металлы (Fe, Ag, Cr) будут корродировать в атмосфере влажного воздуха, насыщенного диоксидом углерода? Ответ обоснуйте, исходя из термодинамики процессов. Рассчитайте ЭДС коррозионных ГЭ.
2. Почему в железном баке можно хранить концентрированную и нельзя хранить разбавленную H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>?
3. Коррозия хромированной стали с водородной деполяризацией. Стадии катодного процесса. Предложите способы снижения скорости данной коррозии.
4. Охарактеризуйте влияние давления O<sub>2</sub> на термодинамику и кинетику химической коррозии металлов
5. Алюминий склепан медью. Какой из металлов будет подвергаться электрохимической коррозии, если металлическое изделие попадет в слабокислотную среду? Рассчитайте DG<sub>0298</sub> и ЭДС коррозионного ГЭ.
6. Вы имеете изделия из углеродистой и нержавеющей сталей. Какой метод электрохимической защиты Вы предпочтете для защиты этих изделий от коррозии?
7. Кинетика катодного процесса кислородной деполяризации при коррозии меди. Стадии процесса. Предложите способы снижения скорости данной коррозии.
8. Охарактеризуйте влияние давления кислорода на термодинамику и кинетику химической коррозии Fe.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Рассчитайте, сколько и какого металла (мг) протекло, 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.

2. Определите возможность электрохимической коррозии изделия из заданного металла Fe в заданном растворе электролита 0,1 М FeCl<sub>2</sub> при заданной температуре 250С при относительных парциальных давлениях газов рН<sub>2</sub>= 0,1 и рО<sub>2</sub>=0,9. Напишите уравнения анодного и катодного процессов.

Рассчитайте ЭДС коррозионных ГЭ.

Верный ответ: 1,37 (О<sub>2</sub>/ Fe) ; 0,247 В (Н<sup>+</sup>/Fe)

### **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» на основании семестровой и аттестационной составляющих.