

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Крюков Вадим Николаевич
Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике
Дата подписания: 15.06.2026 10:51:37
Уникальный программный ключ:
1b0adb7fd710f6a0705d90c58682bd0c5f2f25b2

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Заплярный государственный университет им. Н. М. Федоровского»
ЗГУ

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине

«Защита технологического оборудования от
воздействия агрессивной среды»

Факультет: ГТФ

Направление подготовки: 22.03.02 «Металлургия»

Направленность (профиль): «Прогрессивные методы получения цветных металлов»

Уровень образования: бакалавриат

Кафедра «Металлургии, машин и оборудования»
наименование кафедры

Разработчик ФОС:

Старший преподаватель
(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Рогова Л.И.
(ФИО)

Оценочные материалы по дисциплине рассмотрены и одобрены на заседании кафедры ММиО, протокол № 11 от 10.06.2026
И.о. заведующего кафедрой к.т.н., доцент Е.В. Лаговская

Фонд оценочных средств по дисциплине **Защита технологического оборудования от воздействия агрессивной среды** разработан для текущей/ промежуточной аттестации разработан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 22.03.02 **Металлургия** на основе Рабочей программы дисциплины **Защита технологического оборудования от воздействия агрессивной среды**, Положения о формировании Фонда оценочных средств по дисциплине (ФОС), Положения о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ЗГУ, Положения о государственной итоговой аттестации (ГИА) выпускников по образовательным программам высшего образования в ЗГУ им. Н.М. Федоровского.

1. Перечень планируемых результатов обучения

Код компетенции: ПК-1 **Содержание:** Способствует осуществлению и корректировке технологических процессов в металлургии. **Индикаторы достижения:**

1. ПК-1.1. Применяет знания основных закономерностей протекания металлургических процессов для повышения эффективности производства цветных металлов.
2. ПК-1.2. Использует основные принципы разработки технических решений и технологий в области металлургии.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен: **Знать:** термодинамику и кинетику электрохимической и химической коррозии; механизмы кислородной и водородной деполяризации; природу пассивности металлов; принципы работы коррозионных гальванических элементов. **Уметь:** рассчитывать ЭДС и энергию Гиббса коррозионных процессов; определять скорость коррозии по плотности тока; выбирать оптимальные методы защиты (протекторная, катодная, ингибиторы, покрытия). **Владеть:** методами оценки сплошности защитных покрытий (правило Пиллинга-Бэдвортса); навыками расчета массы металла при электрохимическом осаждении или растворении (законы Фарадея).

2. ПАСПОРТ ФОС И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

2. Паспорт фонда оценочных средств

Раздел 1. Основы электрохимической и химической коррозии.

1. Формируемая компетенция: ПК-1
2. Оценочные средства: Тестовые задания, открытые вопросы.

Раздел 2. Коррозионные процессы с кислородной и водородной деполяризацией.

Пассивность.

1. Формируемая компетенция: ПК-1
2. Оценочные средства: Задания на соответствие, на установление последовательности.

Раздел 3. Методы защиты металлов от коррозии.

1. Формируемая компетенция: ПК-1
2. Оценочные средства: Ситуационные кейсы (расчетные и аналитические задачи).

3. Технологическая карта и критерии оценивания

Форма промежуточной аттестации: Зачет. **Пороговый (минимальный) уровень:** 75 % от максимально возможной суммы баллов.

Шкала оценивания (процент от максимальной суммы баллов):

1. 0 – 74 % – «Незачет».
2. 75 – 100 % – «Зачет».

Критерии оценки результатов обучения: Зачет выставляется при успешной сдаче студентом всех типовых контрольных заданий, набравшем не менее 75% от общего количества баллов.

3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ (ВАРИАНТ 1)

Блок 1. Тестовые задания с выбором одного правильного ответа

1. Наиболее активно корродирует: А) химически чистое железо Б) железо в отсутствие влаги В) техническое железо во влажном воздухе Г) техническое железо в растворе электролита
2. В случае электрохимической коррозии находящихся в контакте металлов: А) на катоде идёт

окисление Б) на аноде идёт восстановление В) более активный металл является анодом Г) более активный металл является катодом

3. В каком коррозионном гальваническом элементе катодный процесс будет протекать с водородной деполяризацией? А) Mg / H₂O / Cu Б) Sn / H₂O, O₂ / Cu В) Cd / NaCl, O₂, H₂O / Ag Г) Fe / HCl / Fe₃C

4. Пленка на каком металле не удовлетворяет условию сплошности (правило Пиллинга-Бэдвортса), если соотношение объемов оксида и исходного металла (α) равно: А) $V_{\text{CdO}} / V_{\text{Cd}} = 1,21$ Б) $V_{\text{K}_2\text{O}} / V_{\text{K}} = 0,45$ В) $V_{\text{Al}_2\text{O}_3} / V_{\text{Al}} = 1,28$ Г) $V_{\text{Fe}_2\text{O}_3} / V_{\text{Fe}} = 2,14$

5. Для протекторной защиты стальных изделий используют протекторы: А) Mg и Zn Б) Al и Cu В) Ca и Sn Г) Co и Cr

Блок 2. Задания на установление соответствия

6. Установите соответствие между методом защиты от коррозии и его физико-химической сутью. Методы защиты:

1. Катодная защита
2. Протекторная защита
3. Ингибирование
4. Лужение

Суть процесса: А) Введение в агрессивную среду веществ, замедляющих растворение металла. Б) Покрытие железного изделия тонким слоем олова. В) Присоединение защищаемой конструкции к отрицательному полюсу внешнего источника постоянного тока. Г) Создание гальванической пары с более активным металлом (например, магнием или цинком).

Блок 3. Задания на установление правильной последовательности

7. Установите правильную последовательность стадий электрохимической коррозии железа во влажной атмосфере (с кислородной деполяризацией). Запишите ответ в виде последовательности букв. А) Образование гидроксидов железа (Fe(OH)₂ и Fe(OH)₃) в приэлектродном слое. Б) Окисление атомов железа на анодных участках с образованием ионов Fe²⁺. В) Дальнейшее окисление и дегидратация с образованием ржавчины (Fe₂O₃·nH₂O). Г) Восстановление растворенного кислорода на катодных участках с образованием OH⁻.

Блок 4. Открытые вопросы

8. (Краткий ответ) Назовите два основных типа катодных процессов, протекающих при электрохимической коррозии металлов в водных средах. 9. (Развернутый ответ) Объясните, почему при контакте железа и меди во влажной нейтральной среде разрушается именно железо. Напишите уравнения анодного и катодного процессов, а также суммарное уравнение коррозии.

Блок 5. Ситуационный кейс (Расчетно-аналитическое задание)

10. Условие: В кислой среде (pH < 7) контактируют цинк и медь, образуя коррозионный гальванический элемент. Справочные данные: Стандартные электродные потенциалы: $\varepsilon^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76$ В; $\varepsilon^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0,34$ В. Постоянная Фарадея $F = 96500$ Кл/моль. Число переносимых электронов $z = 2$. Требуется:

1. Определить, какой металл будет анодом, а какой катодом.
2. Рассчитать стандартную ЭДС (E) образовавшегося гальванического элемента.
3. Рассчитать изменение энергии Гиббса (ΔG) для этой коррозионной реакции (ответ дать в кДж/моль).

4. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ (ВАРИАНТ 2)

Блок 1. Тестовые задания с выбором одного правильного ответа

1. Какой металл будет корродировать в случае нарушения поверхностного слоя оловянного покрытия (лужения), нанесенного на углеродистую сталь? А) железо Б) никель В) свинец Г) олово

2. Способ защиты от коррозии, при котором в рабочую среду вводят вещества, уменьшающие агрессивность среды, называется: А) лужение Б) использование нержавеющей сталей В) протекторная защита Г) ингибирование

3. Изделие из углеродистой стали покрыто оловом ($\varepsilon^\circ(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = -0,14$ В). Какое это покрытие и какой процесс будет протекать на аноде при нарушении целостности покрытия во влажном воздухе? А) анодное; $\text{Sn} - 2e^- \rightarrow \text{Sn}^{2+}$ Б) катодное; $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^- \rightarrow 4\text{OH}^-$ В) катодное; $\text{Fe} - 2e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ Г) анодное; $\text{Fe} - 2e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$

4. В паре с каким металлом железо будет подвергаться наиболее интенсивной коррозии? А) железо – магний Б) железо – хром В) железо – свинец Г) железо – никель
5. К электрохимическим методам защиты металлов от коррозии относятся: А) никелирование Б) шлифование В) воронение Г) катодная защита

Блок 2. Задания на установление соответствия

6. Установите соответствие между металлом/сплавом и его поведением в специфической коррозионной среде. Металлы и среды:

1. Алюминий в концентрированной HNO_3
2. Железо во влажном воздухе
3. Магний в горячей воде
4. Серебро в воздухе, содержащем H_2S

Поведение/Продукты: А) Пассивация (образование плотной защитной пленки, коррозия прекращается). Б) Образование сульфида (Ag_2S), характерное почернение. В) Образование ржавчины (гидратированных оксидов железа). Г) Интенсивное выделение водорода и образование $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Блок 3. Задания на установление правильной последовательности

7. Установите правильную последовательность операций при осуществлении катодной защиты подземного стального трубопровода. Запишите ответ в виде последовательности букв. А) Подача постоянного тока от внешнего источника (выпрямителя). Б) Подключение защищаемого трубопровода к отрицательному полюсу источника. В) Смещение потенциала металла в отрицательную область (зону иммунитета). Г) Заземление положительного полюса источника (подключение вспомогательного анода).

Блок 4. Открытые вопросы

8. (*Краткий ответ*) Что такое правило сплошности оксидной пленки (правило Пиллинга-Бэдвортса) и в каких пределах должно находиться значение коэффициента α ($V_{\text{ox}} / V_{\text{me}}$), чтобы пленка была защитной? 9. (*Развернутый ответ*) Почему цинковое покрытие (оцинковка) защищает железо от коррозии даже при нарушении целостности покрытия (появлении царапин), а оловянное (лужение) — нет? Подтвердите ответ уравнениями анодного и катодного процессов для обоих случаев во влажной среде.

Блок 5. Ситуационный кейс (Расчетно-аналитическое задание)

10. **Условие:** Электрохимическое осаждение цинка на деталь проводили в течение 30 минут при катодной плотности тока 2 А/дм^2 . Выход по току составляет 90 %. Площадь поверхности детали — 5 дм^2 . **Справочные данные:** Электрохимический эквивалент цинка (k) = $1,22 \text{ г/(А} \cdot \text{ч)}$. **Требуется:**

1. Рассчитать общую силу тока (в Амперах), протекающего через электролизер.
2. Рассчитать теоретическую массу осажденного цинка (по закону Фарадея).
3. Рассчитать фактическую массу цинкового покрытия на детали.

5. КЛЮЧИ (ОТВЕТЫ) И АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ

Ключи к тестовым заданиям, соответствию и последовательности

Вариант 1:

- Блок 1 (Тесты): 1-Г; 2-В; 3-Г; 4-Б; 5-А.
- Блок 2 (Соответствие): 1-В; 2-Г; 3-А; 4-Б.
- Блок 3 (Последовательность): Б -> Г -> А -> В.

Вариант 2:

- Блок 1 (Тесты): 1-А; 2-Г; 3-В; 4-В; 5-Г.
- Блок 2 (Соответствие): 1-А; 2-В; 3-Г; 4-Б.
- Блок 3 (Последовательность): Б -> Г -> А -> В.

Алгоритмы решения Кейсов

Вариант 1, Кейс 10 (ЭДС и энергия Гиббса):

1. **Анод и катод:** Более отрицательный потенциал имеет цинк ($-0,76 \text{ В}$), поэтому он является **анодом** и растворяется. Медь ($+0,34 \text{ В}$) — **катод**, на ней идет восстановление водорода (так как среда кислая).
2. **ЭДС элемента:** $E = \varepsilon^\circ(\text{катода}) - \varepsilon^\circ(\text{анода}) = 0,34 - (-0,76) = 1,10 \text{ В}$.
3. **Энергия Гиббса:** $\Delta G = -z \cdot F \cdot E$. $\Delta G = -2 \cdot 96500 \cdot 1,10 = -212300 \text{ Дж} = -212,3 \text{ кДж/моль}$.

(Вывод: так как $\Delta G < 0$ и $E > 0$, процесс коррозии цинка в контакте с медью в кислой среде термодинамически возможен и протекает самопроизвольно).

Вариант 2, Кейс 10 (Закон Фарадея для гальванопокрытия):

1. **Сила тока:** $I = i \cdot S = 2 \text{ А/дм}^2 \cdot 5 \text{ дм}^2 = 10 \text{ А}$.
2. **Теоретическая масса:** Время $t = 30 \text{ мин} = 0,5 \text{ ч}$. По закону Фарадея: $m_{\text{теор}} = k \cdot I \cdot t = 1,22 \cdot 10 \cdot 0,5 = 6,1 \text{ г}$.
3. **Фактическая масса:** $m_{\text{факт}} = m_{\text{теор}} \cdot \eta = 6,1 \cdot 0,90 = 5,49 \text{ г}$.

6. ДЕТАЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ (Дескрипторы)

1. Тестовые задания (Блок 1): 1 балл за каждый верный ответ. Максимум 5 баллов.

2. Задания на соответствие и последовательность (Блоки 2 и 3):

- **2 балла:** Нет ни одной ошибки.
- **1 балл:** Допущена одна ошибка (неверно указана одна пара или перепутаны два соседних элемента в последовательности).
- **0 баллов:** Допущено две и более ошибок.

3. Открытые вопросы (Блок 4): Максимум 4 балла (по 2 за каждый).

- **2 балла (Отлично):** Дан полный, технически грамотный ответ. В вопросе про контакт Fe и Cu студент верно указывает, что Fe активнее (анод), пишет уравнения: Анод: $\text{Fe} - 2e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$; Катод (в нейтр. среде): $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^- \rightarrow 4\text{OH}^-$.
- **1 балл (Хорошо/Удовлетворительно):** Ответ верен по смыслу, но неполон (забыты уравнения реакций или не указан тип деполяризации).
- **0 баллов:** Ответ неверен или отсутствует.

4. Ситуационный кейс (Блок 5): Максимум 6 баллов.

- **6 баллов (Отлично):**
 - Верно записаны формулы (ЭДС, ΔG или закона Фарадея) (2 балла).
 - Правильно выполнены арифметические расчеты с учетом единиц измерения (перевод минут в часы, Дж в кДж) (2 балла).
 - Получен верный численный ответ с правильными единицами измерения (В, кДж/моль, г, А) (2 балла).
- **4-5 баллов (Хорошо):** Допущена одна арифметическая ошибка в расчетах (например, неверно переведено время), но алгоритм решения верен.
- **3 балла (Удовлетворительно):** Верно записаны формулы, но допущены грубые ошибки в вычислениях (перепутаны катод и анод, не учтен выход по току).
- **0-2 балла (Неудовлетворительно):** Не записаны базовые формулы, расчеты отсутствуют или выполнены принципиально неверно.