

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  
«Заполярье государственный университет им. Н. М. Федоровского»  
ЗГУ

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
по дисциплине**

**«Коррозия и защита металлов»**

**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 *Коррозия и защита металлов* 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 *Коррозия и защита металлов*, 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 / H<sub>2</sub>O / Cu Б) Sn / H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub> / Cu В) Cd / NaCl, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O / Ag Г) Fe / HCl / Fe<sub>3</sub>C

4. Пленка на каком металле не удовлетворяет условию сплошности, если соотношение объемов оксида и исходного металла ( $\alpha$ ) 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)<sub>2</sub> и Fe(OH)<sub>3</sub>) в приэлектродном слое. Б) Окисление атомов железа на анодных участках с образованием ионов Fe<sup>2+</sup>. В) Дальнейшее окисление и дегидратация с образованием ржавчины (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O). Г) Восстановление растворенного кислорода на катодных участках с образованием OH<sup>-</sup>.

### 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 ( $\Delta G$ ) 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  $\text{HNO}_3$
2. Железо во влажном воздухе
3. Магний в горячей воде
4. Серебро в воздухе, содержащем  $\text{H}_2\text{S}$

Поведение/Продукты: А) Пассивация (образование плотной защитной пленки, коррозия прекращается). Б) Образование сульфида ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ), 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  $\alpha$  ( $V_{\text{ox}} / V_{\text{me}}$ ), 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  $2 \text{ А/дм}^2$ . Выход по току составляет 90 %. Площадь поверхности детали —  $5 \text{ дм}^2$ . **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,  $\Delta G$  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.