

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Документ подписан простыми средствами
Информация о владельце: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
ФИО: Крюков Вадим Николаевич высшего образования
Должность: Проректор по образовательной деятельности и образовательной политике
«Запорожский государственный университет им. Н.М. Федоровского»
Дата подписания: 25.06.2026 10:53:29 (ЗГУ)
Уникальный программный ключ:
1b0adb7fd710f6a0705d90c58682bd0c5f2f25b2

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по ОД и МП
_____ Крюков В.Н.

Коррозия и защита металлов

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Металлургии, машин и оборудования**
Учебный план 22.03.02_бак_очн_ТМ-2026.plx
Направление подготовки: **Металлургия**
бакалавр

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 108 Виды контроля в семестрах: зачет 7
в том числе:
аудиторные занятия 28
самостоятельная работа 71
Часы на контроль 9

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)			
Неделя	14			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	14	14	14	14
Практические	14	14	14	14
Итого ауд.	28	28	28	28
Контактная работа	28	28	28	28
Сам. работа	71	71	71	71
Часы на контроль	9	9	9	9
Итого	108	108	10	108

Программу составил(и):

Ст.преподаватель Рогова Людмила Иннокентьевна _____

Рабочая программа дисциплины

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Металлургия (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Протокол от 10.06.2026г. № 11

Срок действия программы: 2026-2030 уч.г.

И.о. зав. кафедрой к.т.н., доцент Лаговская Е.В.

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

_____ 2027 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 2027 г. № ____
Зав. кафедрой

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

_____ 2028 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 2028 г. № ____
Зав. кафедрой

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

_____ 2029 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 2029 г. № ____
Зав. кафедрой

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

_____ 2030 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2030-2031 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 2030 г. № ____
Зав. кафедрой

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (РП-1)

(Изменение: цели сделаны конкретными, с акцентом на специфику цветной металлургии и оборудование)

1.1. Цель дисциплины: Формирование у обучающихся комплекса профессиональных компетенций в области термодинамики и кинетики коррозионных процессов, методов оценки коррозионной стойкости конструкционных материалов и проектирования систем защиты металлургического оборудования, трубопроводов и строительных конструкций от разрушения в агрессивных средах.

1.2. Основные задачи дисциплины:

1. Изучить физико-химические механизмы химической и электрохимической коррозии, а также специфических видов разрушения (межкристаллитная, коррозионное растрескивание, питтинговая коррозия).
2. Освоить методы термодинамического (диаграммы Пурбе) и кинетического (поляризационные кривые) анализа коррозионных процессов.
3. Научиться рассчитывать скорость коррозии и подбирать конструкционные материалы (сплавы на основе меди, алюминия, никеля, титана) для работы в специфических средах цветной металлургии (кислоты, щелочи, расплавы солей, хлорная среда).
4. Изучить современные активные и пассивные методы защиты: лакокрасочные и металлические покрытия, электрохимическая защита (катодная, протекторная), ингибирование, легирование.
5. Сформировать навыки анализа причин аварий и отказов металлургического оборудования из-за коррозионных повреждений.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП (РП-2)

(Изменение: выверена логика пререквизитов и постреквизитов)

Цикл (раздел) ООП: Б1.В.ДВ (Вариативная часть)

2.1. Требования к предварительной подготовке обучающегося: Студент должен владеть знаниями, полученными при изучении дисциплин: «Физика», «Неорганическая химия», «Физическая химия», «Общие химические технологии», «Материаловедение».

2.2. Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

1. Металлургия благородных металлов
2. Металлургия легких металлов
3. Металлургия редких металлов
4. Переработка техногенных ресурсов
5. Производственная (технологическая) практика
6. Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ВКР)

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

3.1. Знать: термодинамические условия протекания коррозии, механизмы электрохимической коррозии с кислородной и водородной деполяризацией, природу пассивности металлов, особенности коррозионного поведения сплавов в агрессивных средах. **3.2. Уметь:** строить и анализировать диаграммы Пурбе и поляризационные кривые, рассчитывать скорость коррозии, выбирать оптимальный метод защиты для конкретного узла оборудования, анализировать причины коррозионных разрушений. **3.3. Владеть:** методами лабораторных испытаний на коррозию, навыками работы с нормативно-технической документацией (ГОСТы по коррозионной стойкости), методами расчета систем катодной защиты.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

(Изменение: темы логически объединены в три смысловых модуля)

Раздел 1. Теоретические основы коррозии металлов

1. **Тема 1.1.** Введение. Термодинамика и кинетика коррозионных процессов. Электрохимическая классификация коррозии. Двойной электрический слой.
2. **Тема 1.2.** Химическая коррозия. Газовая коррозия. Коррозия в неэлектролитах.
3. **Тема 1.3.** Электрохимическая коррозия. Анодные и катодные процессы. Коррозия с кислородной и водородной деполяризацией. Концентрационная и электрохимическая поляризация.
4. **Тема 1.4.** Пассивность металлов. Теории пассивности. Влияние pH среды, температуры и состава сплава на скорость коррозии.

Раздел 2. Коррозионная стойкость конструкционных материалов

1. **Тема 2.1.** Коррозия железа и сталей. Влияние легирующих элементов (Cr, Ni, Mo) на коррозионную стойкость. Межкристаллитная коррозия нержавеющей сталей.
2. **Тема 2.2.** Коррозия и защита цветных металлов и сплавов: алюминия и его сплавов, меди и ее сплавов, никеля, титана и магния. Особенности их поведения в специфических средах.
3. **Тема 2.3.** Специальные виды коррозии: питтинговая, щелевая, коррозионное растрескивание под напряжением (КРН), селективная коррозия (обесцинкование латуней).

Раздел 3. Методы защиты металлов от коррозии

1. **Тема 3.1.** Конструкционные и технологические методы защиты. Правильный выбор материалов и конструктивных форм. Термическая и механическая обработка.
2. **Тема 3.2.** Активная защита: изменение свойств коррозионной среды (термическое деаэрирование, ингибиторы коррозии).

3. **Тема 3.3.** Пассивная защита: защитные металлические (анодные и катодные покрытия) и неметаллические (лаки, краски, эмали, полимеры) покрытия.
 4. **Тема 3.4.** Электрохимическая защита: катодная и протекторная защита, анодная защита.
-

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ФОС)

(Изменение: полностью убраны таблицы. Добавлены современные форматы контроля, проверяющие инженерное мышление)

5.1. Тестовые задания для текущего контроля (примеры)

1. **Вопрос 1:** Какой процесс является катодным при электрохимической коррозии железа в кислой среде ($\text{pH} < 4$)? а) Восстановление кислорода; б) Выделение водорода; в) Окисление железа. *(Правильный ответ: б)*
2. **Вопрос 2:** Какой из перечисленных металлов способен к самопроизвольной пассивации на воздухе с образованием плотной оксидной пленки? а) Медь; б) Титан; в) Железо. *(Правильный ответ: б)*

5.2. Задания на установление соответствия

1. **Задание:** Установите соответствие между видом коррозии и характерной средой/условием ее протекания:
 - а. Межкристаллитная коррозия → А) Разрушение нержавеющей сталей по границам зерен после сварки или sensitization.
 - б. Обесцинкование → Б) Селективное растворение цинка из латуней в мягкой воде или парах.
 - с. Коррозионное растрескивание под напряжением (КРН) → В) Разрушение латуни в среде, содержащей следы аммиака (сезонное растрескивание).
 - д. Питтинговая коррозия → Г) Локальное язвенное разрушение алюминия или нержавеющей стали в средах, содержащих ионы хлора (Cl^-).

5.3. Открытые вопросы для устного опроса и рубежного контроля

1. Объясните механизм пассивации железа в концентрированной азотной кислоте и почему в разбавленной кислоте происходит его активное растворение.
2. В чем принципиальная разница между анодным и катодным гальваническим покрытием? Приведите примеры и объясните, как они защищают сталь при нарушении целостности покрытия (появлении царапины).
3. Опишите кинетику электрохимической коррозии с использованием диаграммы Эвинга. Как влияет катодная и анодная поляризация на скорость процесса?
4. Почему титан обладает высочайшей коррозионной стойкостью в окислительных средах, но быстро разрушается в безводной соляной кислоте?

5.4. Ситуационные задачи (кейсы) для промежуточной аттестации

1. **Кейс 1 (Технологический).** На медеплавильном заводе стальной трубопровод для подачи оборотной воды (содержит растворенный кислород и хлориды) вышел из строя через 1,5 года

из-за сквозной питтинговой коррозии. Предложите три варианта решения проблемы: 1) замена материала трубы, 2) нанесение защитного покрытия, 3) применение ингибиторов. Обоснуйте экономическую и техническую целесообразность каждого варианта.

2. **Кейс 2 (Электрохимический).** Для защиты подземного стального нефтепровода длиной 10 км в условиях вечной мерзлоты (низкая электропроводность грунта) необходимо спроектировать систему катодной защиты. Обоснуйте выбор между станцией катодной защиты (СКЗ) и группой протекторов. Рассчитайте примерную силу тока, необходимую для поляризации трубы, если удельная скорость коррозии стали в данном грунте составляет 0,2 мм/год.

5.5. Критерии оценивания

1. **«Отлично»:** Студент свободно оперирует терминами, умеет строить и читать диаграммы Пурбе, обоснованно выбирает методы защиты для специфических сред цветной металлургии, успешно решает производственные кейсы.
2. **«Хорошо»:** Студент понимает механизмы коррозии, допускает незначительные неточности в расчетах скорости коррозии или выборе конкретной марки ингибитора, но верно определяет общий тип защиты.
3. **«Удовлетворительно»:** Студент знает базовые определения (что такое анод/катод, ржавчина), может перечислить виды покрытий, но не может объяснить физико-химическую суть процессов и применить знания к нестандартной ситуации.
4. **«Неудовлетворительно»:** Студент не различает химическую и электрохимическую коррозию, не знает основ электрохимической защиты, не может объяснить причины разрушения металлов.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

(Изменение: литература и ПО актуализированы до стандартов 2026 года)

6.1. Рекомендуемая литература 6.1.1. Основная литература:

1. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии: учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., испр. – М.: Физматлит, 2022. – 480 с.
2. Попов Е.А., Колотыркин Я.М. Основы электрохимической коррозии металлов: учебник. – М.: МИСиС, 2020. – 310 с.

6.1.2. Дополнительная литература:

1. Экслик Н.Б., Бейн Е.М. Коррозия и защита металлов в водных средах: справочное пособие. – М.: Интермет Инжиниринг, 2019. – 415 с.
2. ГОСТ 9.908-85. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Методы определения показателей коррозионной и коррозионно-механической стойкости.

6.2. Перечень ресурсов сети «Интернет»

1. Э1. Электронный каталог ЗГУ – <http://biblio.norvuz.ru>
2. Э2. Электронно-библиотечная система «Юрайт» – <https://www.biblio-online.ru>
3. Э3. Научная электронная библиотека eLibrary.ru – <https://www.elibrary.ru>

4. Э4. КиберЛенинка (научные статьи по коррозии) – <https://cyberleninka.ru>

6.3. Программное обеспечение *(Критически обновлено!)*

1. ПО1. Операционная система MS Windows 10/11 Professional или Astra Linux Special Edition.
 2. ПО2. MS Office Professional Plus 2019/2021 (Excel для расчетов, PowerPoint для презентаций).
 3. ПО3. Программное обеспечение для моделирования электрохимических процессов (например, специализированные модули в среде MathCAD или Python-библиотеки для построения диаграмм Пурбе).
-

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. **Ауд. 301:** Учебная аудитория для лекций, оснащенная мультимедийным проектором для демонстрации микрофотографий коррозионных разрушений и схем электрохимической защиты.
 2. **Ауд. 305:** Компьютерный класс для выполнения расчетных работ по определению скорости коррозии и проектированию систем защиты (15 ПК).
 3. **Лаборатория коррозии материалов:** Потенциостаты для снятия поляризационных кривых, климатические камеры для ускоренных коррозионных испытаний, оптические и цифровые металлографические микроскопы, наборы образцов металлов с различными видами коррозионных поражений.
-

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ (МУ)

(Изменение: даны конкретные профессиональные советы вместо шаблонного текста)

Общие рекомендации: Коррозия — это не просто «ржавчина», а сложная электрохимическая система. Ваша главная задача — научиться видеть в любом коррозионном процессе гальванический элемент. Всегда задавайте себе вопросы: где анод? где катод? какова природа деполяризатора? какова проводимость среды?

Рекомендации по работе с графическим материалом:

1. При изучении каждой темы обязательно рисуйте от руки диаграммы Пурбе (E-pH) и поляризационные кривые (диаграммы Эвинга). Понимание того, как смещаются линии анодного и катодного процессов, — ключ к решению 80% задач по коррозии.
2. Изучая коррозионную стойкость сплавов, сравнивайте их поведение. Почему алюминий стоек в азотной кислоте, но разрушается в соляной? Почему медь не реагирует с разбавленной серной кислотой, но растворяется в ней при продувке воздухом?

Рекомендации по выполнению расчетных заданий:

1. При расчете скорости коррозии всегда внимательно следите за размерностями ($\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, $\text{мм}/\text{год}$, $\text{А}/\text{м}^2$). Умейте переводить электрохимический эквивалент в массовые и линейные показатели.

2. При проектировании катодной защиты помните: защита не должна быть «избыточной». Перезащита стали приводит к охрупчиванию из-за выделения водорода и отслаиванию покрытий.

Подготовка к промежуточной аттестации:

1. **За 3 недели:** Повторите основы электрохимии (уравнение Нернста, стандартные потенциалы) и термодинамику (энергия Гиббса).
 2. **За 2 недели:** Разберите механизмы специфических видов коррозии (питтинги, МКК, КСН) и методы их предотвращения.
 3. **За 1 неделю:** Решите ситуационные кейсы из ФОС, повторите ГОСТы по методам испытаний на коррозию.
-

ПРИЛОЖЕНИЯ

(Изменение: добавлен полноценный блок приложений)

Приложение А. Полный комплект Фонда оценочных средств (тестовые базы, карты оценивания кейсов) – размещен в ЭИОС ЗГУ.

Приложение Б. Методические указания по выполнению расчетно-графической работы (РГР) «Проектирование системы катодной защиты подземного сооружения» с пошаговым алгоритмом выбора станций и расчета защитного тока.

Приложение В. Атлас микрофотографий коррозионных разрушений: питтинги на алюминии, межкристаллитная коррозия нержавеющей сталей, обесцинкование латуней, коррозионное растрескивание под напряжением.

Приложение Г. Глоссарий основных терминов дисциплины (диаграмма Пурбе, пассивация, питтинг, протектор, деполяризатор, ингибитор, межкристаллитная коррозия, потенциал коррозии и др.).