

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра физической химии

Авторы-составители: **Шеин Анатолий Борисович**

Рабочая программа дисциплины

**ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЗАЩИТА ОТ
КОРРОЗИИ**

Код УМК 98901

Утверждено
Протокол №7
от «15» июня 2023 г.

Пермь, 2023

1. Наименование дисциплины

Технология электрохимических процессов и защита от коррозии

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в Блок « ОК.В.00 » образовательной программы по научным специальностям:

Научная специальность: **2.6.9** Технология электрохимических процессов и защита от коррозии

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Технология электрохимических процессов и защита от коррозии** у обучающегося должны быть сформированы следующие планируемые результаты обучения:

2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии

УРО.3 Проводит анализ новых направлений исследований и обосновывает перспективы их проведения в соответствующей области знаний

4. Объем и содержание дисциплины

Научная специальность	2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	7
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	36
Проведение лекционных занятий	24
Проведение практических занятий, семинаров	12
Самостоятельная работа (ак.час.)	72
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (7 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Общая характеристика электрохимического коррозионного процесса. Понятие о катодных и анодных процессах.

Излагаются основы классической коррозиологии, анализируются основные классификации коррозионных процессов (по механизмам протекания, по типам коррозионного разрушения, по условиям протекания и др.

Коррозионный процесс с водородной деполяризацией. Кинетическая схема катодного процесса. Перенапряжение водорода.

Подробно рассматривается коррозионный процесс с водородной деполяризацией, рассматриваются основные маршруты протекания реакции выделения водорода в кислых и щелочных средах. Анализируются механизмы разряд – рекомбинация, разряд – электрохимическая десорбция (Фольмера-Тафеля, Фольмера-Гейровского), вводится понятие «перенапряжение», анализируются факторы, влияющие на перенапряжение водорода.

Коррозионный процесс с кислородной деполяризацией. Кинетическая схема процесса.

Подробно рассматривается коррозионный процесс с кислородной деполяризацией, рассматриваются основные маршруты протекания реакции ионизации кислорода в кислых, нейтральных и щелочных средах. Анализируются кинетическая схема процесса. Объясняются причины возникновения предельного диффузионного тока. Сравняются процессы с кислородной и водородной деполяризацией.

Общая характеристика анодных процессов при коррозии металлов. Диаграммы Пурбэ.

Обсуждаются анодные процессы при коррозии металлов. Рассматривается термодинамика коррозионных процессов. Подробно объясняются диаграммы «потенциал – рН» (диаграммы Пурбэ) для различных металлов и сплавов. Рассматриваются возможности диаграмм при прогнозировании коррозионного поведения материалов в различных условиях.

Электрохимическая гетерогенность поверхности металла, ее причины и влияние на коррозионный процесс.

Вводится понятие электрохимической гетерогенности металлов. Анализируется роль гетерогенной поверхности в коррозионных процессах. Объясняются различные уровни гетерогенности поверхности. Рассматриваются гомогенно-электрохимический и гетерогенно- электрохимический механизмы коррозионного процесса.

Основные закономерности кинетики электродных реакций.

Обсуждаются основные закономерности электрохимической кинетики, разбираются основные уравнения, проводится анализ стадийных реакций, обсуждаются различные механизмы анодного растворения металлов.

Катодная и анодная поляризация, ее причины. Поляризационные кривые.

Обсуждается причины возникновения электродной поляризации. Рассматриваются поляризационные кривые как один из основных методов изучения кинетики и механизма электродных реакций. Разбираются принципы экспериментального получения ПК, способы из графического построения и анализ графиков.

Основные уравнения электрохимической кинетики.

Приводятся и обсуждаются основные уравнения электрохимической кинетики. Выводятся уравнения Тафеля, уравнения с учетом строения двойного электрического слоя, уравнения линейной поляризации. Анализируются стадийные реакции. Приводятся методы расчета с использованием уравнений

электрохимической кинетики.

Анодная реакция растворения металла. Понятие о стадийных процессах. Участие анионов в анодном процессе. Кинетические схемы анодного растворения железа в кислых и щелочных электролитах.

Подробно обсуждается реакция анодного растворения металлов, анализируется роль анионов электролита в реализации процесса анодного растворения. Анализируются причины стимулирующего и ингибирующего действия анионов. Рассматриваются принципы формальной электрохимической кинетики, обсуждаются механизмы Бокриса, Хойслера, Колотыркина и др.

Механизмы анодного растворения сплавов.

Подробно рассматриваются различные механизмы анодного растворения и коррозии гомогенных и гетерогенных сплавов. Осуждаются теории Томашова, Колотыркина, Пиккеринга-Вагнера и др. Обсуждаются механизмы объемной диффузии компонентов, ионизации – обратного осаждения, механизм растрескивания поверхностного слоя и образования новой фазы.

Пассивность металлов. Основные теории пассивности. Параметры, характеризующие пассивное состояние металла.

Вводится понятие пассивности металлов и сплавов. Излагаются основы основных теорий пассивности, обсуждаются причины ее возникновения и нарушения пассивного состояния. Рассматриваются пленочный и адсорбционный механизмы пассивности. Анализируется роль воды в процессе пассивации. Обсуждаются методы экспериментального изучения пассивности. Обсуждается практическое значение пассивности.

Влияние внутренних и внешних факторов на электрохимическую коррозию металлов.

Цель – формирование современных представлений и углубленных знаний в области основных закономерностей и особенностей кинетики коррозии в зависимости от совокупного влияния внешних и внутренних факторов коррозионного процесса

Анализируются основные внешние и внутренние факторы коррозионного процесса, развивается умение прогнозировать изменение коррозионной стойкости металлов и сплавов в зависимости от влияния данных факторов, знать способы снижения их вредного воздействия на металлы

Внутренние факторы. Структура металлов и ее влияние на коррозионные процессы. Внешние факторы. Зависимость скорости коррозии от состава раствора, температуры, давления.

Обсуждаются основные внутренние и внешние факторы коррозионных процессов. Цель – формирование современных представлений и углубленных знаний в области основных закономерностей и особенностей кинетики коррозии в зависимости от совокупного влияния внешних и внутренних факторов коррозионного процесса

Анализируются основные внешние (температура, состав среды, давление и др.) и внутренние (структура металлов) факторы коррозионного процесса, развивается умение прогнозировать изменение коррозионной стойкости металлов и сплавов в зависимости от влияния данных факторов, знать способы снижения их вредного воздействия на металлы

Основные методы защиты металлов от коррозии.

Цель раздела – формирование у аспирантов системы знаний по обоснованию и реализации системы ресурсосберегающих решений при защите металлов от коррозии

В результате изучения материала аспирант должен знать теоретические основы и способы практического использования основных методов защиты металлов и сплавов от коррозионных разрушений, уметь проанализировать коррозионную ситуацию, разработать и применить оптимальный

способ снижения коррозионных потерь в конкретных условиях эксплуатации металлоизделия.

Ингибиторы коррозии. Защита металла от коррозии поверхностными покрытиями: металлические покрытия, неметаллические покрытия.

Цель излагаемого материала – формирование системы знаний по использованию различных классов ингибиторов для защиты металлов от коррозии

Подробно анализируются основы ингибиторной защиты металлов от коррозии, особенности механизма действия различных классов ингибиторов, способы оценки защитного действия ингибиторов.

Развивается умение выбирать наиболее эффективные ингибиторы в зависимости от коррозионной ситуации и экспериментально оценивать их эффективность

Формируется система знаний по использованию различных классов металлических и неметаллических покрытий для защиты металлов от коррозии. Излагаются основы защиты металлов от коррозии при помощи покрытий, особенности механизма действия различных классов покрытий, способы оценки защитного действия покрытий, развивается умение выбирать наиболее эффективные покрытия в зависимости от коррозионной ситуации и экспериментально оценивать их эффективность.

Новые коррозионностойкие материалы.

Обсуждаются новые коррозионностойкие материалы полифункционального назначения, рассматриваются основные принципы их получения и способы повышения коррозионной стойкости. Рассматриваются особенности коррозионного поведения порошковых материалов, аморфных, наноструктурированных, металлокерамических материалов.

Методы коррозионных испытаний.

Подробно описываются, обсуждаются и анализируются лабораторные и промышленные методы коррозионных исследований и испытаний.

Методы коррозионных исследований и испытаний, их классификация.

Дается общая характеристика лабораторных и промышленных методов коррозионных исследований и испытаний.

Лабораторные методы (общие и специальные). Электрохимические методы исследований.

Подробно объясняются различные лабораторные методы оценки скорости коррозии и исследования коррозионно-электрохимического поведения металлов и сплавов. Особое внимание уделяется электрохимическим методам (электрохимическая импедансная спектроскопия, циклическая вольтамперометрия и др.)

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Коррозия и защита металлов : учебно-методическое пособие / О. В. Ярославцева, Т. Н. Останина, В. М. Рудой, И. Б. Мурашова ; под редакцией А. Б. Даринцева. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 92 с. — ISBN 978-5-7996-1415-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/65937.html>
2. Семенова И. В., Флорианович Г. М., Хорошилов А. В. Коррозия и защита от коррозии: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Химическая технология неорганических веществ и материалов"/И. В. Семенова, Г. М. Флорианович, А. В. Хорошилов ; ред. И. В. Семенова.- Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2002, ISBN 5-9221-0246-X.-336.-Библиогр. в конце глав
3. Коррозия и защита металлов : учебное пособие для вузов / О. В. Ярославцева [и др.] ; под научной редакцией А. Б. Даринцевой. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 89 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05862-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://urait.ru/bcode/454927>

Дополнительная:

1. Васильев, В. Ю. Коррозионная стойкость и защита от коррозии металлических, порошковых и композиционных материалов : учебное пособие / В. Ю. Васильев, Ю. А. Пустов. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2005. — 130 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/56737>
2. Лазуткина, О. Р. Химическое сопротивление и защита от коррозии : учебное пособие / О. Р. Лазуткина. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 140 с. — ISBN 978-5-7996-1157-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/68511.html>
3. Жук Н. П. Курс теории коррозии и защиты металлов: учебное пособие для студентов металлургических специальностей вузов/Н. П. Жук.-Москва:Металлургия,1976.-472.
4. Физические методы в исследованиях осаждения и коррозии металлов : учебное пособие / С. С. Виноградова, Р. А. Кайдриков, А. Н. Макарова, Б. Л. Журавлев. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. — 144 с. — ISBN 978-5-7882-1505-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/62332.html>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.chem.msu.ru/rus/library/welcome.html> Электронная библиотека химфака МКУ

<http://www.elibrary.ru> Научная электронная библиотека

<http://www.scopus.com> Научная электронная библиотека

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Технология электрохимических процессов и защита от коррозии** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);

доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);

доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия: 1. Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

2. Занятий семинарского типа (семинары, практические занятия): Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

3. Самостоятельная работа: Аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

4. Групповые (индивидуальные) консультации и текущий контроль: Аудитория для текущего контроля, консультаций, оснащенная проектором, экраном для проектора, доской.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Технология электрохимических процессов и защита от коррозии**

Планируемые результаты обучения по дисциплине и критерии их оценивания

Планируемый результат обучения	Знания, умения и навыки	Критерии оценивания результатов обучения
<p>УРО.3 Проводит анализ новых направлений исследований и обосновывает перспективы их проведения в соответствующей области знаний</p>	<p>Знает основные современные экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования, используемые при решении профессиональных задач в области технологии электрохимических процессов и защиты от коррозии. Умеет анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач. Владеет навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов.</p>	<p align="center">Неудовлетворител Отсутствие знаний, умений и навыков в области технологии электрохимических процессов и защиты от коррозии.</p> <p align="center">Удовлетворительн Фрагментарные представления об основных современных экспериментальных и расчетно-теоретических методах исследования, используемых при решении профессиональных задач в области технологии электрохимических процессов и защиты от коррозии. В целом успешное, но не систематическое использование умения анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач. Фрагментарное применение навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов.</p> <p align="center">Хорошо Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об основных современных экспериментальных и расчетно-теоретических методах исследования, используемых при решении профессиональных задач в области технологии электрохимических процессов и защиты от коррозии. Сформированное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач. В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов.</p> <p align="center">Отлично Сформированные систематические представления об основных современных</p>

Планируемый результат обучения	Знания, умения и навыки	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>экспериментальных и расчетно-теоретических методах исследования, используемых при решении профессиональных задач в области технологии электрохимических процессов и защиты от коррозии. Сформированное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач. Успешное и систематическое применение навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов.</p>

Оценочные средства

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Устное собеседование по вопросам

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации : время отводимое на подготовку 2

Показатели оценивания

<p>Не демонстрирует знание основного содержания дисциплины;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Не владеет основными понятиями, законами и теорией, необходимыми для объяснения явлений, закономерностей и т.д.; – не умеет выполнять типовые задания и задачи предусмотренные программой; 	Неудовлетворител
<ul style="list-style-type: none"> - Демонстрирует знание основного содержания дисциплины и его элементов в соответствии с прослушанным лекционным курсом; - Владение основными понятиями, законами и теорией, необходимыми для объяснения явлений, закономерностей и т.д.; –показывает умение выполнять типовые задания и задачи предусмотренные программой; – выполняет расчеты с ошибками 	Удовлетворительн
<ul style="list-style-type: none"> - Ответ по вопросу или заданию аргументированный, демонстрирующий знание основного содержания дисциплины и его элементов в соответствии с прослушанным лекционным курсом и с учебной литературой; - демонстрирует понимание материала, приводит примеры; - Владение основными понятиями, законами и теорией, необходимыми для объяснения явлений, закономерностей и т.д.; –показывает владение методологией дисциплины, умение выполнять 	Хорошо

типовые задания и задачи предусмотренные программой; – выполняет расчеты с ошибками	Хорошо
- Ответ по вопросу или заданию аргументированный, логически выстроенный, полный, демонстрирующий знание основного содержания дисциплины и его элементов в соответствии с прослушанным лекционным курсом и с учебной литературой; - демонстрирует полное понимание материала, выводы доказательны, приводит примеры; - свободное владение основными понятиями, законами и теорией, необходимыми для объяснения явлений, закономерностей и т.д.; – - показывает владение методологией дисциплины, умение выполнять типовые задания и задачи предусмотренные программой; – выполняет расчеты без ошибок; - демонстрирует способность творчески применять знание теории к решению профессиональных практических задач	Отлично

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Причины коррозионного разрушения металлов. Виды коррозионных разрушений
2. Классификация коррозионных процессов
3. Явления на границе раздела фаз металл-электролит. Межфазная разность потенциалов.
4. Электродные потенциалы, механизмы их возникновения. Обратимые и необратимые потенциалы. Понятие о стационарном потенциале металла. Потенциал нулевого заряда.
5. Термодинамические аспекты электрохимической коррозии
6. Общая характеристика электрохимического коррозионного процесса. Понятие о катодных и анодных процессах
7. Коррозионный процесс с водородной деполяризацией. Кинетическая схема катодного процесса. Перенапряжение водорода.
8. Коррозионный процесс с кислородной деполяризацией. Кинетическая схема процесса.
9. Общая характеристика анодных процессов при коррозии металлов. Диаграммы Пурбэ
10. Электрохимическая гетерогенность поверхности металла, ее причины и влияние на коррозионный процесс
11. Основные закономерности кинетики электродных реакций
12. Катодная и анодная поляризация, ее причины. Поляризационные кривые
13. Основные уравнения электрохимической кинетики
14. Анодная реакция растворения металла. Понятие о стадийных процессах. Участие анионов в анодном процессе
15. Кинетические схемы анодного растворения железа в кислых и щелочных электролитах
16. Механизмы коррозии и анодного растворения сплавов
17. Пассивность металлов. Основные теории пассивности. Параметры, характеризующие пассивное состояние металла.
18. Влияние внутренних и внешних факторов на электрохимическую коррозию металлов
19. Структура металлов и ее влияние на коррозионные процессы
20. Основные методы защиты металлов от коррозии
21. Электрохимические методы. Катодная защита. Протекторная защита. Анодная защита.

Кислородная защита.

22. Ингибиторы как средство защиты от коррозии. Механизм их действия, типы ингибиторов.

23. Защита металла от коррозии поверхностными покрытиями. Металлические покрытия.

Неметаллические покрытия.

24. Локальные виды коррозии. Щелевая, питтинговая коррозия.